



⑩ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 59 498 A 1**

⑤ Int. Cl.⁶ #6
B 41 J 2/045

① Aktenzeichen: 198 59 498.4
② Anmeldetag: 22. 12. 98
③ Offenlegungstag: 26. 8. 99

DE 198 59 498 A 1

③ Unionspriorität:
98-5096 19. 02. 98 KR

⑦ Anmelder:
Samsung Electro-Mechanics Co., Ltd., Suwon,
Kyungki, KR

⑦ Vertreter:
WUESTHOFF & WUESTHOFF Patent- und
Rechtsanwälte, 81541 München

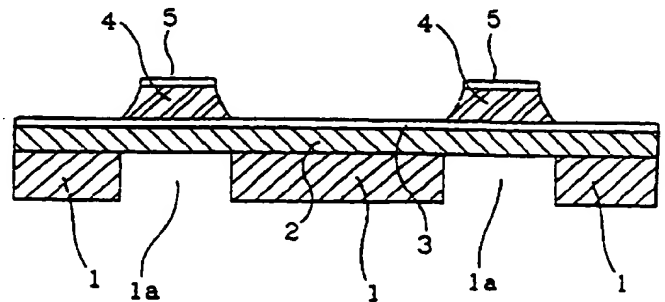
⑦ Erfinder:
Kim, Il, Suwon, KR

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤ Verfahren zum Herstellen eines Mikroaktuators für einen Tintenstrahlkopf

⑤ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Mikroaktuators für einen Tintenstrahlkopf, bei dem eine einfache Erzeugung von Oxid-Piezoelementen (4) und oberen Elektroden mit gewünschten Mustern mittels eines hauptsächlich bei der Herstellung von Halbleitervorrichtungen verwendeten Prozesses möglich ist. Das Verfahren umfaßt die Schritte eines sequenziellen Laminierens einer Schwingplatte (2), einer unteren Elektrode, einer Oxid-Piezoschicht (4) und einer Elektrodenschicht (5), des Musters der Elektrodenschicht (5), um dadurch obere Elektroden eines gewünschten Musters zu bilden, und des Musters der Oxid-Piezoschicht (4) gemäß einem Ätzprozeß, während die oberen Elektroden als eine Maske verwendet werden, um dadurch Oxid-Piezoelemente (4) eines gewünschten Musters zu bilden. Alternativ umfaßt das Verfahren die Schritte eines sequenziellen Laminierens einer unteren Elektrode und einer Oxid-Piezoschicht (4) über einer Schwingplatte, des Musters der Oxid-Piezoschicht (4) gemäß einem Ätzprozeß, um dadurch Oxid-Piezoelemente eines gewünschten Musters zu bilden, des Auftrags einer Elektrodenschicht über der sich ergebenden Struktur und des Musters der Elektrodenschicht, während die piezoelektrischen Elemente als eine Maske verwendet werden, um dadurch obere Elektroden eines gewünschten Musters zu erzeugen.



DE 198 59 498 A 1

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Herstellen eines Mikroaktuators bzw. Mikro-Betätigungsgliedes für einen Tintenstrahlkopf und insbesondere auf ein Verfahren zum Herstellen eines derartigen Mikroaktuators, der eine einfache Erzeugung von Oxid-Piezoelementen mit einem gewünschten Muster erlaubt, indem ein Musterungsprozeß verwendet wird, der hauptsächlich bei der Herstellung von Halbleitervorrichtungen eingesetzt wird.

Im allgemeinen umfassen Mikroaktuatoren, die für Tintenstrahlköpfe verwendet werden, eine Betätigungseinrichtung zum Ausspritzen oder Ausstoßen von Tinte. Für solche Betätigungseinrichtungen werden hauptsächlich Heizeinrichtungen und piezoelektrische Elemente verwendet.

In dem Fall von Mikroaktuatoren, die piezoelektrische Elemente verwenden, wird hauptsächlich PZT (Bleizirkoniumtitanat), das ein Oxid-Piezomaterial mit starken piezoelektrischen Eigenschaften ist, für diese piezoelektrischen Elemente eingesetzt.

In Fig. 16 ist ein herkömmlicher Mikroaktor, der solches PZT verwendet, gezeigt. Wie in Fig. 16 dargestellt ist, umfaßt der Mikroaktor ein PZT-Element 30, an dem eine untere und eine obere Elektrode 20 bzw. 40 an dessen Unterseite bzw. Oberseite angebracht ist. Eine Schwingplatte 10 ist an einer Oberfläche der unteren Elektrode 20 gegenüber zu dem PZT-Element 30 vorgesehen. Die Schwingplatte 10 ist betriebsmäßig mit dem PZT-Element 30 gekoppelt, so daß sie eine mechanische Deformation erzeugt.

Eine Kammerplatte 50, die eine Vielzahl von Lösungskammern 51 aufweist, ist an der Schwingplatte 10 gegenüber zu dem PZT-Element 30 angebracht. Wenn die Schwingplatte 10 gebogen wird, wird Tinte in die Lösungskammern 51 eingeführt. Danach wird die Tinte nach außen von den Lösungskammern 51 über (nicht gezeigte) Düsen ausgespritzt.

Der Mikroaktor, der die oben erläuterte Struktur mit dem PZT-Element 30, den unteren und oberen Elektroden 20 und 40 und der Schwingplatte 10 hat, wird insbesondere mittels des folgenden Siebdruckprozesses oder eines anderen einfachen Verbindungs- bzw. Bondprozesses hergestellt.

Bei dem Siebdruckprozeß wird eine dünne Grünschlicht aus einem Oxid-Piezomaterial, beispielsweise Zirkoniumoxid (ZrO_2) zuerst vorbereitet. Die Grünschlicht wird bei einer hohen Temperatur von wenigstens etwa 1000°C gebacken bzw. ausgeheizt, um dadurch eine keramische dünne Platte zu erzeugen, aus der dann wiederum eine Schwingplatte 10 hergestellt wird. Nach der Herstellung der Schwingplatte 10 wird ein leitendes Material, wie beispielsweise Platin (Pt), bis zu einer Dicke von 20 µm oder weniger auf einen gewünschten Teil der Schwingplatte 10 aufgetragen, um dadurch eine untere Elektrode 20 zu bilden.

PZT wird sodann in einem ersten Zustand auf die obere Oberfläche der unteren Elektrode 20 geschichtet. Eine genaue Laminierung des geschichteten PZT wird sodann mittels eines Siebdruckprozesses durchgeführt, um dadurch eine PZT-Schicht mit einer sehr geringen Dicke zu erzeugen. Die PZT-Schicht wird anschließend bei einer hohen Temperatur von etwa 1000°C oder weniger gebacken bzw. ausgeheizt, um dadurch ein PZT-Element 30 zu bilden.

Danach wird Gold (Au) über die obere Oberfläche des PZT-Elementes 30 geschichtet, um dadurch eine obere Elektrode 40 zu erzeugen. Auf diese Weise wird ein Mikroaktor hergestellt.

In dem Fall eines Mikroaktuators mit der oben erwähnten Struktur dehnt sich ein PZT-Element 30 longitudinal aus und zieht sich zusammen, wenn eine hohe Spannung inter-

mittierend zwischen die unteren und oberen Elektroden 20 und 40 gelegt wird, um dadurch die Schwingplatte 10 zu veranlassen, eine mechanische Deformation hiervon zu erzeugen. Durch eine derartige mechanische Deformation der Schwingplatte 10 tritt eine Änderung im Volumen in der Lösungskammer 51 der an der Schwingplatte 10 angebrachten Kammerplatte 50 auf. Als Ergebnis wird Tinte eingeführt und von den Lösungskammern 51 nach außen gespritzt.

Die Schwingplatte 10 kann auch anstelle der keramischen dünnen Platte eine dünne Platte aus rostfreiem Stahl aufweisen. Wenn die Schwingplatte 10 aus einer derartigen Metall-Dünnpalte besteht, werden die PZT-Elemente getrennt hergestellt. In diesem Fall wird eine PZT-Schicht durch einen Haftstoff mit der Schwingplatte verbunden. Die verbundene PZT-Schicht wird mechanisch verarbeitet, um PZT-Elemente eines gewünschten Musters zu erzeugen. Sonst wird eine PZT-Schicht, die vorbereitet ist, um eine gewünschte Gestalt zu haben, mit der aus rostfreiem Stahl bestehenden dünnen Platte mittels eines Haftstoffes verbunden, während eine Musterung auf der dünnen Platte aus rostfreiem Stahl erfolgt, um dadurch PZT-Elemente eines gewünschten Musters zu erzeugen.

Bei der Herstellung eines Mikroaktuators mit einer keramischen dünnen Platte bzw. Keramik-Dünnpalte als dessen Schwingplatte ist es jedoch sehr schwierig, eine Schwingplatte mit einer gewünschten Dicke und einer genauen Abmessung mittels einer Zirkoniumoxidpaste zu bilden. Weiterhin liegen Schwierigkeiten aufgrund der eingesetzten sehr hohen Back- bzw. Ausheiztemperatur vor.

Es ist auch schwierig, PZT-Elemente eines genauen Musters durch Laminieren und Mustern einer PZT-Paste auf der Schwingplatte gemäß dem Siebdruckprozeß zu bilden. Insbesondere wird der Musterungsprozeß mit einer stark verminderten Genauigkeit durchgeführt. Weiterhin ist eine hohe Ausheiztemperatur für die PZT-Paste erforderlich, obwohl diese niedriger als diejenige für die Schwingplatte ist. Da eine derartige PZT-Paste insbesondere bei einer Temperatur von etwa 900°C oder weniger ausgeheizt wird, besteht eine starke Verschlechterung im piezoelektrischen Verhalten der sich ergebenden PZT-Elemente.

In dem Fall der Herstellung eines Mikroaktuators, der eine Metall-Dünnpalte, beispielsweise eine dünne Platte aus rostfreiem Stahl als seine Schwingplatte verwendet, weist der mechanische Musterungsprozeß, der zum Mustern einer PZT-Schicht durchgeführt wird, die mit der dünnen Platte aus rostfreiem Stahl verbunden ist, eine sehr niedrige Genauigkeit auf. Aus diesem Grund besteht hinsichtlich Zuverlässigkeit und wirtschaftlicher Zwecke ein Nachholbedarf. Wenn eine PZT-Schicht, die so vorbereitet ist, daß sie eine gewünschte Abmessung hat, mit der Metall-Dünnpalte verbunden wird, tritt eine Reduktion in der Ausbeute des sich ergebenden Mikroaktuators auf. Als ein Ergebnis liegt eine Verschlechterung in der Betriebswirksamkeit des Mikroaktuators vor.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Herstellen eines Mikroaktuators zu schaffen, das in der Lage ist, eine einfache Herstellung von Mikroaktuatoren zu erlauben, indem Oxid-Piezoelemente eines gewünschten Musters und obere Elektroden eines gewünschten Musters mittels eines Ätzprozesses erzeugt werden; außerdem soll ein Verfahren zum Herstellen eines Mikroaktuators geschaffen werden, das in der Lage ist, Oxid-Piezoelemente eines gewünschten Musters und obere Elektroden eines gewünschten Musters zu erzeugen, ohne eine aufwendige Musterungsausrüstung zu verwenden, um dadurch eine Reduzierung in den Herstellungskosten zu erreichen; schließlich soll ein Verfahren zum Herstellen eines Mikroaktuators angegeben werden, das in der Lage ist, gleichzei-

tig eine Vielzahl von Mikroaktuatoren durch Prozesse zu schaffen, die für die Herstellung eines einzigen Mikroaktuators erforderlich sind, wodurch Vorteile für die Massenproduktion erreicht werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch Verfahren mit den Merkmalen der jeweiligen unabhängigen Patentansprüche gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Gemäß einem Aspekt schafft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Herstellen eines Mikroaktuators mit den Schritten eines sequenziellen Laminierens einer Schwingplatte, einer unteren Elektrode, einer Oxid-Piezoschicht und einer Elektrodenschicht, des Musterns der Elektrodenschicht gemäß einem Ätzprozeß, um dadurch obere Elektroden eines gewünschten Musters zu bilden, und des Musterns der Oxid-Piezoschicht gemäß einem Ätzprozeß, während die oberen Elektroden als eine Maske verwendet werden, um dadurch Oxid-Piezoelemente eines gewünschten Musters zu erzeugen. Alternativ kann die Elektrodenschicht über der Oxid-Piezoschicht in der Form von oberen Elektroden mit einem gewünschten Muster aufgetragen werden.

Gemäß einem anderen Aspekt schafft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Herstellen eines Mikroaktuators mit den Schritten eines sequenziellen Laminierens einer unteren Elektrode und einer Oxid-Piezoschicht über einer Schwingplatte, des Musterns der Oxid-Piezoschicht gemäß einem Ätzprozeß, um dadurch Oxid-Piezoelemente eines gewünschten Musters zu erzeugen, des Auftragens einer Elektrodenschicht über der sich ergebenden Struktur und des Musterns der Elektrodenschicht, während die piezoelektrischen Elemente als eine Maske verwendet werden, um dadurch obere Elektroden eines gewünschten Musters zu bilden. Alternativ kann die Elektrodenschicht über der Oxid-Piezoschicht in der Form von oberen Elektroden mit einem gewünschten Muster aufgetragen werden.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird die Bildung der Oxid-Piezoelemente und der oberen Elektroden, die auf einer Schwingplatte aufgetragen sind, oder der unteren Elektroden gemäß einem chemischen Verfahren erreicht. Demgemäß können eine Vielzahl von Oxid-Piezoelementen und eine Vielzahl von oberen Elektroden jeweils gleichzeitig erzeugt werden. Dies bedeutet eine wesentliche Verbesserung hinsichtlich Produktivität und Wirtschaftlichkeit.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1A bis 1I Schnittdarstellungen, die jeweils sequenzielle Prozeßschritte eines Verfahrens zum Herstellen eines Mikroaktuators gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung veranschaulichen,

Fig. 2A und 2B jeweils Schnittdarstellungen, die wesentliche Prozeßschritte eines Verfahrens zum Herstellen eines Mikroaktuators gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung veranschaulichen,

Fig. 3A bis 3D jeweils Schnittdarstellungen, die wesentliche Prozeßschritte eines Verfahrens zum Herstellen eines Mikroaktuators gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung veranschaulichen,

Fig. 4A bis 4E jeweils Schnittdarstellungen, die sequenzielle Prozeßschritte eines Verfahrens zum Herstellen eines Mikroaktuators gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung veranschaulichen,

Fig. 5A und 5B jeweils Schnittdarstellungen, die wesentliche Prozeßschritte eines Verfahrens zum Herstellen eines Mikroaktuators gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung veranschaulichen,

Fig. 6A bis 6D jeweils Schnittdarstellungen, die wesentliche Prozeßschritte eines Verfahrens zum Herstellen eines

Mikroaktuators gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung veranschaulichen,

Fig. 7A bis 7I jeweils Schnittdarstellungen, die wesentliche Prozeßschritte eines Verfahrens zum Herstellen eines Mikroaktuators gemäß einem siebten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung veranschaulichen,

Fig. 8A und 8B jeweils Schnittdarstellungen, die wesentliche Prozeßschritte eines Verfahrens zum Herstellen eines Mikroaktuators gemäß einem achten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung veranschaulichen,

Fig. 9A bis 9D jeweils Schnittdarstellungen, die wesentliche Prozeßschritte eines Verfahrens zum Herstellen eines Mikroaktuators gemäß einem neunten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung veranschaulichen,

Fig. 10A bis 10F jeweils Schnittdarstellungen, die wesentlichen Prozeßschritte eines Verfahrens zum Herstellen eines Mikroaktuators gemäß einem zehnten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung veranschaulichen,

Fig. 11A bis 11C jeweils Schnittdarstellungen, die wesentlichen Prozeßschritte eines Verfahrens zum Herstellen eines Mikroaktuators gemäß einem elften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung veranschaulichen,

Fig. 12A bis 12D jeweils Schnittdarstellungen, die wesentlichen Prozeßschritte eines Verfahrens zum Herstellen eines Mikroaktuators gemäß einem zwölften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung veranschaulichen,

Fig. 13 eine Schnittdarstellung, die ein anderes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt, in welchem Oxid-Piezoelemente mit einem Muster, das von denjenigen in den obigen Ausführungsbeispielen verschieden ist, erzeugt werden,

Fig. 14 einen Graph, der die Beziehung zwischen einer Ätzzeit und einer Äztiefe abhängig von einem Ätzbereich angibt,

Fig. 15 eine Schnittdarstellung, die eine Mehrschichtstruktur veranschaulicht, die über die untere Oberfläche einer Kammerplatte in einem Mikroaktuator geschichtet ist, der gemäß der vorliegenden Erfindung hergestellt ist, und

Fig. 16 eine Schnittdarstellung, die die Struktur eines typischen Mikroaktuators veranschaulicht, der gemäß einem herkömmlichen Verfahren hergestellt ist.

Die Fig. 1A bis 1I sind jeweils Schnittdarstellungen, die ein Verfahren zum Herstellen eines Mikroaktuators gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung veranschaulichen.

In Fig. 1 sind eine untere Elektrode 3 und eine Oxid-Piezoschicht 4 gezeigt, die sequenziell über einer Schwingplatte 2 laminiert sind, welche integral mit einer Kammerplatte 1 ausgebildet ist. Die Kammerplatte 1 hat eine Vielzahl von gleichmäßig beabstandeten Lösungskammern 1a.

Gemäß diesem Verfahren wird ein Fotoresistfilm 6 über die obere Oberfläche der Oxid-Piezoschicht 4 geschichtet, wie dies in Fig. 1B gezeigt ist. Der Fotoresistfilm 6 wird sodann einem weichen Ausheizprozeß unterworfen. Nach Abschluß dieses weichen Ausheizprozesses wird der Fotoresistfilm 6 mit Licht mittels einer Maske mit einem vorbestimmten Muster belichtet und sodann entwickelt, um unnötige Teile hiervon zu entfernen. Die sich ergebende Struktur, die nach teilweisem Entfernen des Fotoresistfilmes 6 erhalten ist, ist in Fig. 1C gezeigt.

Der Fotoresistfilm 6 wird sodann einem harten Ausheizprozeß unterworfen. Danach wird eine Elektrodenschicht 5 bis zu einer gewünschten Dicke über die gesamte obere Oberfläche der sich ergebenden Struktur einschließlich der oberen Oberfläche der Oxid-Piezoschicht 4, die nicht mit dem verbleibenden Fotoresistfilm 6 und dem oberen Teil des verbleibenden Fotoresistfilmes 6 belegt ist, geschichtet, wie dies in Fig. 1D gezeigt ist.

Zu dieser Zeit ist die Elektroden-schicht 5 nicht auf gegen-
überliegenden Seitenflächen von jeweiligen Gräben ge-
schichtet, die aufgrund der teilweisen Entfernung des Foto-
resistfilms 6 gebildet sind. Dies beruht darauf, daß die
obere Oberfläche der Struktur, über die die Elektroden-
schicht 5 zu schichten ist, eine bestimmte Topologie hat, die
auf der Bildung der Gräben beruht. Als ein Ergebnis hat der
Fotore-sistfilm 6 freiliegende Teile, die nicht mit der Elektro-
den-schicht 5 bei deren Seitenflächen entsprechend gegen-
überliegenden Seitenflächen jedes Grabens bedeckt sind.

Wenn eine Spüllösung nach unten zu der Elektroden-
schicht 5 injiziert wird, dringt sie durch die freiliegenden
Teile des Fotore-sistfilms 6, um dadurch vollständig den
verbleibenden Fotore-sistfilm 6 zu entfernen.

Zu dieser Zeit wird der Teil der Elektroden-schicht 5, der
über den Fotore-sistfilm 6 aufgetragen ist, auch entfernt. Als
ein Ergebnis wird die Elektroden-schicht 5 lediglich an ge-
wünschten Teilen der Oxid-Piezochicht 4 belassen, um da-
durch obere Elektroden zu bilden, wie dies in Fig. 1E ge-
zeigt ist.

Ein anderer Fotore-sistfilm 6 wird sodann über die ge-
samte obere Oberfläche der sich ergebenden Struktur ein-
schließlich der oberen Oberfläche der Oxid-Piezochicht 4,
die nicht mit den oberen Elektroden 5 bedeckt ist, und der
oberen Oberflächen der oberen Elektroden 5 geschichtet, wie
dies in Fig. 1F gezeigt ist.

Dieser Fotore-sistfilm 6 wird sequenziell einem weichen
Aufheizen, einer Belichtung, Entwicklung und Spülprozes-
sen unterworfen, um dadurch Teile hiervon außer den die
oberen Elektroden 5 bedeckenden Teilen zu entfernen, wie
dies in Fig. 1G gezeigt ist. Jeder verbleibende Teil des Foto-
resistfilms 6 hat einen größeren Oberflächenbereich als
denjenigen eines zugeordneten Teiles der oberen Elektroden
5, da er vollständig die oberen Elektroden 5 bedeckt.

Der Fotore-sistfilm 6 wird sodann hart ausgeheizt. Danach
wird die Oxid-Piezochicht 4 an freiliegenden Teilen hier-
von in einer Richtung geätzt, die durch die Pfeile in Fig. 1H
angezeigt ist, wobei ein Ätzmittel verwendet wird, um da-
durch Oxid-Piezoelemente mit einem gewünschten Muster
zu erzeugen. Das Ätzen der Oxid-Piezochicht 4 schreitet
nach unten und seitlich fort, wie dies durch Strichlinien in
Fig. 1H gezeigt ist, und wird auf der unteren Elektrode 3 in
der Abwärtsrichtung und bei Stellen jeweils nahe entgegen-
gesetzten lateralen Enden von jeder oberen Elektrode 5 in
seitlicher Richtung beendet.

In diesem Fall besteht die untere Elektrode 3 aus einer
Ätzstoppschicht, die keine oder eine sehr langsame Reak-
tion mit dem Ätzmittel ausführt, das zum Ätzen der Oxid-
Piezochicht 4 verwendet wird.

Wenn die Oxid-Piezochicht 4 gemustert wird, um ein ge-
wünschtes Muster zu haben, wobei ein Ätzprozeß eingesetzt
wird, wie dies oben erläutert ist, hat das sich ergebende Mu-
ster hiervon eine trapezförmige Querschnittsgestalt, die in ei-
nem sich nach unten erstreckenden Bereich zunimmt, wäh-
rend eine scharfe bogenförmige Gestalt an gegenüberliegen-
den Seitenflächen hiervon vorliegt.

Nach Bilden der Oxid-Piezoelemente 4 mit einem ge-
wünschten Muster mittels des Ätzprozesses wird der ver-
bleibende Fotore-sistfilm 6, der die oberen Elektroden 5 be-
deckt, vollständig mittels einer Spüllösung entfernt. Somit
wird ein Mikroak-tuator mit einer in Fig. 1I gezeigten Struk-
tur erzeugt.

Die Fig. 2A und 2B sind jeweils Schnittdarstellungen, die
ein Verfahren zum Herstellen eines Mikroaktuators gemäß
einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfin-
dung veranschaulichen. In den Fig. 2A und 2B sind jeweils
Elemente, die denjenigen der Fig. 1A bis 1I entsprechen,
mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

In Fig. 2A sind eine untere Elektrode 3 und eine Oxid-
Piezochicht 4 gezeigt, die sequenziell über eine flache
Schwingplatte 2 geschichtet sind.

In dem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung
sind die Prozeßschritte des Musterns einer Elektroden-
schicht 5, die auf der Oxid-Piezochicht 4 gebildet ist, und
des Musterns der Oxid-Piezochicht 4 gemäß einem Ätzpro-
zeß die gleichen wie diejenigen in dem ersten Ausführungs-
beispiel.

Das zweite Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von
dem ersten Ausführungsbeispiel dadurch, daß eine Kam-
merplatte 1, die mit einer Vielzahl von gleichmäßig beab-
standeten Lösungskammern 1a versehen ist, an der unteren
Oberfläche der Schwingplatte 2 gerade nach der Musterbil-
dung der Oxid-Piezochicht 4 angebracht ist, wie dies in
Fig. 2B gezeigt ist.

Vorzugsweise ist die Kammerplatte 1 derart angeordnet,
daß Oxid-Piezoelemente, die nach Musterbildung der Oxid-
Piezochicht erhalten sind, vertikal jeweils über den Lö-
sungskammern 1a angeordnet sind.

Die Fig. 3A bis 3D sind jeweils Schnittdarstellungen, die
ein Verfahren zum Herstellen eines Mikroaktuators gemäß
einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfin-
dung veranschaulichen. In den Fig. 3A bis 3D sind Ele-
mente, die jeweils denjenigen der Fig. 1A bis 1I entspre-
chen, mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

In Fig. 3A sind eine untere Elektrode 3 und eine Oxid-
Piezochicht 4 veranschaulicht, die sequenziell über eine
Schwingplatte 2 geschichtet sind, welche integral mit einer
Kammerplatte 1 ausgebildet ist. Die Kammerplatte 1 ist in
einem Zustand, in welchem keine Lösungskammer gebildet
ist.

In diesem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfin-
dung sind die Prozeßschritte der Musterbildung einer Elek-
troden-schicht 5, die auf der Oxid-Piezochicht 4 erzeugt ist,
und der Musterbildung der Oxid-Piezochicht 4 gemäß ei-
nem Ätzprozeß die gleichen wie diejenigen in den ersten
und zweiten Ausführungsbeispielen.

Das dritte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von
den ersten und zweiten Ausführungsbeispielen dadurch, daß
die Kammerplatte 1 verarbeitet wird, um eine Vielzahl von
gleichförmig beabstandeten Lösungskammern 1a nach der
Musterbildung der Oxid-Piezochicht 4 aufzuweisen.

Gemäß diesem Ausführungsbeispiel wird ein Fotore-sist-
film 6 auf die untere Oberfläche der Kammerplatte 1 ge-
schichtet, wie dies in Fig. 3B gezeigt ist. Der Fotore-sistfilm
6 wird dann einem weichen Ausheizprozeß unterworfen.
Nach Abschluß des weichen Ausheizprozesses wird der Foto-
resistfilm 4 mit Licht mittels einer Maske, die ein ge-
wünschtes Muster aufweist, belichtet, entwickelt und so-
dann gespült, um dadurch unnötige Teile hiervon zu ent-
fernen. Die sich ergebende Struktur, die nach einem teilweisen
Entfernen des Fotore-sistfilms 6 erhalten ist, ist in Fig. 3C
gezeigt, die umgekehrt zu der Fig. 3B ist.

Die Kammerplatte 1 wird sodann durch ein Ätzmittel ge-
ätzt, während der gemusterte Fotore-sistfilm 6 als eine Maske
verwendet wird, um dadurch eine Vielzahl von gleichförmig
beabstandeten Lösungskammern 1a in der Kammerplatte 1
zu bilden, wie dies in Fig. 3D gezeigt ist.

Somit zeichnet sich das dritte Ausführungsbeispiel der
vorliegenden Erfindung dadurch aus, daß die Erzeugung der
Lösungskammer 1a schließlich durch Mustern bzw. Muster-
bildung der Kammerplatte 1a durchgeführt wird. Gemäß ei-
nem derartigen Prozeßschritt wird ein gewünschter Mikro-
ak-tuator hergestellt.

Die Fig. 4A bis 4E sind Schnittdarstellungen, die jeweils
ein Verfahren zum Herstellen eines Mikroaktuators gemäß
einem vierten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfin-

dung veranschaulichen. In den Fig. 4A bis 4E sind jeweils Elemente entsprechend zu denjenigen der Fig. 1A bis 1I mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

In Fig. 4A sind eine untere Elektrode 3, eine Oxid-Piezoschicht 4 und eine Elektrodenschicht 5 veranschaulicht, die sequenziell über eine Schwingplatte 2 geschichtet sind, welche integral mit einer Kammerplatte 1 gestaltet ist. Die Kammerplatte 1 hat eine Vielzahl von gleichförmig beabstandeten Lösungskammern 1a.

Gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist ein Fotoresistfilm 6 über die obere Oberfläche der Elektrodenschicht 5 geschichtet, wie dies in Fig. 4B gezeigt ist. Der Fotoresistfilm 6 wird dann einem weichen Ausheizprozeß unterworfen. Nach Abschluß des weichen Ausheizprozesses wird der Fotoresistfilm 6 mit Licht belichtet, entwickelt und sodann gespült, um dadurch unnötige Teile hiervon zu entfernen. Die sich ergebende Struktur, die nach teilweisem Entfernen des Fotoresistfilmes 6 erhalten ist, ist in Fig. 4C gezeigt.

Es wird bevorzugt, daß die verbleibenden Teile des Fotoresistfilmes 6, die jeweils zu erzeugenden oberen Elektroden entsprechen, eine größere Abmessung haben als diejenigen der oberen Elektroden.

Nach dem teilweisen Entfernen des Fotoresistfilmes 6 wird die Elektrodenschicht 5 teilweise belichtet. Die Elektrodenschicht 5 wird sodann an freiliegenden Teilen hiervon in einer durch Pfeile in Fig. 4D gezeigten Richtung mittels eines Ätzmittels geätzt, um dadurch obere Elektroden mit einem gewünschten Muster zu erzeugen.

Danach wird der verbleibende Fotoresistfilm 6, der auf den gemusterten oberen Elektroden 5 belassen ist, vollständig mittels einer Spüllösung entfernt. Somit werden lediglich die oberen Elektroden von einem gewünschten Muster auf der Oxid-Piezoschicht 4 belassen, wie dies in Fig. 4E gezeigt ist.

Im übrigen sind die nach der Bildung der oberen Elektroden 5a durchgeführten Prozessschritte die gleichen wie diejenigen, die ausgehend von dem Prozessschritt von Fig. 1F bei der Musterung der Oxid-Piezoschicht 4 in dem Fall des ersten Ausführungsbeispiels vorgenommen werden.

D.h., ein weiterer Fotoresistfilm 6 wird über die gesamte ober Oberfläche der Struktur geschichtet, die nach Bildung der oberen Elektroden vorliegt, insbesondere auf die freiliegenden oberen Oberflächenteile der Oxid-Piezoschicht 4 und die oberen Oberflächen der oberen Elektroden 5. Dieser Fotoresistfilm 6 wird sequenziell weichen Ausheiz-, Licht-Belichtungs-, Entwicklungs- und Spülprozessen unterworfen, um dadurch unnötige Teile hiervon zu entfernen. Der verbleibende Fotoresistfilm 6 wird sodann hart ausgeheizt. Danach wird die Oxid-Piezoschicht 4 an freiliegenden Teilen hiervon mittels eines Ätzmittels entfernt, um Oxid-Piezoelemente eines gewünschten Musters dadurch zu erzeugen. Somit wird ein Mikroaktuator mit einer gewünschten Struktur hergestellt.

Die Fig. 5A und 5B sind jeweils Schnittdarstellungen, die ein Verfahren zum Herstellen eines Mikroaktuators gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigen. In den Fig. 5A und 5B sind jeweils Elemente, die denjenigen der Fig. 1A bis 1I entsprechen, mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

In Fig. 5A sind eine untere Elektrode 3, eine Oxid-Piezoschicht 4 und eine Elektrodenschicht 5 veranschaulicht, welche sequenziell über einer flachen Schwingplatte 2 aufgeschichtet sind.

Gemäß diesem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird der Prozessschritt der Musterbildung der Elektrodenschicht 5 in der gleichen Weise wie derjenige in dem vierten Ausführungsbeispiel vorgenommen. D.h., ein Fotoresistfilm 6 wird über die obere Oberfläche der Elektroden-

schicht 5 geschichtet. Der Fotoresistfilm 6 wird sodann einem weichen Ausheizprozeß unterworfen. Nach Abschluß des weichen Ausheizprozesses wird der Fotoresistfilm mit Licht belichtet, entwickelt und sodann gespült, um dadurch unnötige Teile hiervon zu entfernen. Der verbleibende Fotoresistfilm 6 wird sodann hart ausgeheizt. Die Elektrodenschicht 5 wird sodann an freiliegenden Teilen hiervon geätzt, wobei ein Ätznittel verwendet wird, um dadurch obere Elektroden eines gewünschten Musters zu erzeugen.

Sodann wird der verbleibende Fotoresistfilm 6, der auf den gemusterten oberen Elektroden 5 belassen ist, mittels einer Spüllösung gespült, so daß er vollständig entfernt wird. Somit werden lediglich die oberen Elektroden mit einem gewünschten Muster auf der Oxid-Piezoschicht 4 belassen.

Ein weiterer Fotoresistfilm 6 wird sodann über die gesamte obere Oberfläche der sich ergebenden Struktur einschließlich der frei liegenden oberen Oberflächenteile der Oxid-Piezoschicht 4 und der oberen Oberflächen der oberen Elektroden 5 geschichtet. Dieser Fotoresistfilm 6 wird sequenziell weichen Ausheiz-, Licht-Belichtungs-, Entwicklungs- und Spülprozessen unterworfen, um dadurch unnötige Teile hiervon zu entfernen.

Der verbleibende Fotoresistfilm 6 wird sodann hart ausgeheizt. Danach wird die Oxid-Piezoschicht 4 an freiliegenden Teilen hiervon mittels eines Ätzmittels geätzt, um dadurch Oxid-Piezoelemente eines gewünschten Musters zu erzeugen.

Eine Kammerplatte 1, die zuvor so vorbereitet wurde, daß sie eine Vielzahl von gleich beabstandeten Lösungskammern 1a hat, wird sodann an der unteren Oberfläche der Schwingplatte 2 angebracht, wie dies in Fig. 5B gezeigt ist. Obwohl dies nicht gezeigt ist, ist die Kammerplatte 1 derart vorgesehen, daß die Oxid-Piezoelemente jeweils vertikal über den Lösungskammern 1a angeordnet sind. Somit wird ein Mikroaktuator mit einer gewünschten Struktur hergestellt.

Die Fig. 6A bis 6D sind jeweils Schnittdarstellungen, die ein Verfahren zum Herstellen eines Mikroaktuators gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung veranschaulichen. In den Fig. 6A bis 6D sind jeweils Elemente, die denjenigen der Fig. 1A bis 1I entsprechen, mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

In der Fig. 6A sind eine untere Elektrode 3, eine Oxid-Piezoschicht 4 und eine Elektrodenschicht 5 veranschaulicht, welche sequenziell über einer Schwingplatte 2 geschichtet sind, die integral mit einer Kammerplatte 1 ausgebildet ist. Die Kammerplatte 1 ist in einem Zustand, in welchem keine Lösungskammer gebildet ist.

In diesem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung sind die Prozessschritte der Musterbildung der Elektrodenschicht 5 und der Musterbildung der Oxid-Piezoschicht 4 gemäß einem Ätzprozeß die gleichen wie diejenigen in dem vierten und dem fünften Ausführungsbeispiel.

Das sechste Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem vierten und fünften Ausführungsbeispiel dadurch, daß die Kammerplatte 1 so verarbeitet wird, daß sie eine Vielzahl von gleich beabstandeten Lösungskammern 1a nach Musterbildung der Oxid-Piezoschicht 4 aufweist.

Gemäß diesem Ausführungsbeispiel wird ein Piezoresistfilm 6 über die untere Oberfläche der Kammerplatte 1 gerade nach der Musterbildung der Oxid-Piezoschicht 4 geschichtet, wie dies in Fig. 6B gezeigt ist. Der Fotoresistfilm 6 wird sodann einem weichen Ausheizprozeß unterworfen. Nach Abschluß des weichen Ausheizprozesses wird der Fotoresistfilm 6 mit Licht mittels einer Maske belichtet, die ein gewünschtes Muster hat, entwickelt und sodann gespült, um dadurch unnötige Teile hiervon zu entfernen. Die sich ergebende Struktur, die nach teilweisem Entfernen des Fotoresist-

sistfilmes 6 erhalten ist, ist in Fig. 6C gezeigt, die umgekehrt zu der Fig. 6B ist.

Danach wird die Kammerplatte 1 durch ein Ätzmittel geätzt, während der gemusterte Fotoresistfilm 6 als eine Maske verwendet wird, um dadurch eine Vielzahl von gleich beabstandeten Lösungskammern 1a in der Kammerplatte 1 zu bilden, wie dies in Fig. 6D gezeigt ist. Somit wird ein Mikroaktuator mit einer gewünschten Struktur hergestellt.

Die Fig. 7A bis 7I sind jeweils Schnittdarstellungen, die ein Verfahren zum Herstellen eines Mikroaktuators gemäß einem siebenten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung veranschaulichen.

In der Fig. 7A sind eine untere Elektrode 3 und eine Oxid-Piezoschicht 4 veranschaulicht, welche sequenziell über eine Schwingplatte 2 geschichtet sind, die integral mit einer Kammerplatte 1 ausgebildet ist. Die Kammerplatte 1 hat eine Vielzahl von gleich beabstandeten Lösungskammern 1a.

Gemäß diesem Ausführungsbeispiel wird ein Fotoresistfilm 6 mit einer gewünschten Dicke über die obere Oberfläche der Oxid-Piezoschicht 4 geschichtet, wie dies in Fig. 7B gezeigt ist. Der Fotoresistfilm 6 wird sodann einem weichen Ausheizprozeß unterworfen. Nach Abschluß des weichen Ausheizprozesses wird der Fotoresistfilm 6 mit Licht mittels einer Maske mit einem gewünschten Muster belichtet, entwickelt und sodann gespült, um dadurch unnötige Teile hiervon zu entfernen. Die sich ergebende Struktur, die nach einem teilweisen Entfernen des Fotoresistfilmes 6 erhalten wird, ist in Fig. 7C gezeigt.

Der Fotoresistfilm 6 wird sodann einem harten Ausheizprozeß unterworfen. In diesem Fall haben die verbleibenden Teile des Fotoresistfilmes 6, die jeweils zu erzeugenden Oxid-Piezoelementen entsprechen, eine größere Abmessung als diejenigen der Oxid-Piezoelemente.

Danach wird die Oxid-Piezoschicht 4 an freiliegenden Teilen hiervon in einer Richtung, die durch Pfeile in Fig. 7D angezeigt ist, mittels eines Ätzmittels geätzt, um dadurch Oxid-Piezoelemente eines gewünschten Musters zu erzeugen. Das Ätzen der Oxid-Piezoschicht 4 schreitet nach unten und seitlich fort, wie dies durch die Strichlinien in Fig. 7D angedeutet ist.

Insbesondere haben die Oxid-Piezoelemente, die nach Musterung der Oxid-Piezoschicht 4 erhalten sind, eine trapezförmige Querschnittsgestalt, die in der Fläche nach unten zunimmt, während eine scharfe Bogenform an gegenüberliegenden Seitenflächen hiervon vorliegt.

Nach Bildung der Oxid-Piezoelemente 4 eines gewünschten Musters gemäß dem Ätzprozeß wird der verbleibende Fotoresistfilm 6, der die Oxid-Piezoelemente 4 bedeckt, vollständig mittels einer Spüllösung entfernt. Die sich ergebende Struktur, die die Oxid-Piezoelemente 4 eines gewünschten Musters hat, ist in Fig. 7E veranschaulicht.

Anschließend wird ein weiterer Fotoresistfilm 6 sodann über die gesamte obere Oberfläche der Struktur von Fig. 7E einschließlich der freiliegenden oberen Oberflächenteile der unteren Elektrode 3 und der oberen Oberflächen der Oxid-Piezoelemente 4 geschichtet, wie dies in Fig. 7F gezeigt ist.

Vorzugsweise hat dieser Fotoresistfilm 6 eine Dicke, die größer als diejenige der auf jeweiligen Oxid-Piezoelementen 4 zu erzeugenden oberen Elektroden ist.

Der Fotoresistfilm 6 wird sodann einem weichen Ausheizprozeß unterworfen. Nach Abschluß des weichen Ausheizprozesses wird der Fotoresistfilm 6 mit Licht mittels einer Maske belichtet, die in der Lage ist, ein gewünschtes Muster für obere Elektroden zu liefern. Der sich ergebende Fotoresistfilm 6 wird sodann entwickelt und gespült, um dadurch unnötige Teile hiervon zu entfernen. Die sich ergebende Struktur ist in Fig. 7G gezeigt.

Der Fotoresistfilm 6 wird sodann hart ausgeheizt. Danach wird eine Elektrodenschicht 5 bis zu einer gleichmäßigen Dicke über der sich ergebenden Struktur einschließlich der oberen Oberfläche des verbleibenden Fotoresistfilmes 6 und der oberen Oberflächen der Oxid-Piezoelemente 4 aufgetragen, wie dies in Fig. 7H gezeigt ist.

In diesem Fall wird die Elektrodenschicht 5 so aufgetragen, daß sie eine kleinere Dicke als diejenige des Fotoresistfilmes 6 hat.

Da die obere Oberfläche der Struktur, über die die Elektrodenschicht 5 zu schichten ist, eine gewisse Topologie aufweist, wird die Elektrodenschicht 5 unvollständig auf gegenüberliegenden Seitenflächen der jeweiligen Gräben geschichtet, welche aufgrund der teilweisen Entfernung des Fotoresistfilmes 6 gebildet sind. Als ein Ergebnis hat der Fotoresistfilm 6 freiliegende Teile, die nicht mit der Elektrodenschicht 5 an Seitenflächen hiervon entsprechend gegenüberliegenden Seitenflächen jedes Grabens bedeckt sind.

Wenn die obige Struktur ausgehend von der oberen Oberfläche der Elektrodenschicht 5 mittels einer Spüllösung gespült wird, wird der verbleibende Fotoresistfilm 6 vollständig längs des Teiles der Elektrodenschicht 5 entfernt, die über dem Fotoresistfilm 6 angeordnet ist.

Als ein Ergebnis wird die Elektrodenschicht 5 lediglich auf den Oxid-Piezoelementen 4 belassen, um dadurch obere Elektroden zu bilden, wie dies in Fig. 7I gezeigt ist. Somit wird ein Mikroaktuator mit einer gewünschten Struktur hergestellt.

Die Fig. 8A und 8B sind jeweils Schnittdarstellungen, die ein Verfahren zum Herstellen eines Mikroaktuators gemäß einem achten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung veranschaulichen. In den Fig. 8A und 8B sind jeweils Elemente entsprechend zu denjenigen der Fig. 1A bis 1I mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

In Fig. 8A sind eine untere Elektrode 3 und eine Oxid-Piezoschicht 4 gezeigt, welche sequenziell über eine flache Schwingplatte 2 geschichtet sind.

In diesem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung sind die Prozeßschritte der Musterbildung der Oxid-Piezoschicht 4 gemäß einem Ätzprozeß und der Erzeugung von oberen Elektroden 5 auf Oxid-Piezoelementen, die durch die Musterung der Oxid-Piezoschicht 4 erhalten sind, die gleichen wie diejenigen in dem siebenten Ausführungsbeispiel.

Gemäß dem achten Ausführungsbeispiel ist eine Kammerplatte 1, die mit einer Vielzahl von gleichmäßig beabstandeten Lösungskammern 1a versehen ist, an der unteren Oberfläche der Schwingplatte 2 nach der Erzeugung der Oxid-Piezoelemente 4 und der oberen Elektroden 5 angebracht, wie dies in Fig. 8B gezeigt ist. Die Kammerplatte 1 ist derart vorgesehen, daß Lösungskammern 1a hiervon vertikal jeweils unter den Oxid-Piezoelementen 4 angeordnet sind.

Die Fig. 9A bis 9D sind jeweils Schnittdarstellungen, die ein Verfahren zum Herstellen eines Mikroaktuators gemäß einem neunten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung veranschaulichen. In den Fig. 9A bis 9D sind jeweils Elemente, die denjenigen der Fig. 1A bis 1I entsprechen, mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

In Fig. 9A sind eine untere Elektrode 3, eine Oxid-Piezoschicht 4 und eine Elektrodenschicht 5 gezeigt, welche sequenziell über eine Schwingplatte 2 geschichtet sind, die einheitlich bzw. integral mit einer Kammerplatte 1 gebildet ist. Die Kammerplatte 1 ist in einem Zustand, in welchem keine Lösungskammer gebildet ist.

In diesem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung sind die Prozeßschritte der Musterbildung der Oxid-Piezoschicht 4 gemäß einem Ätzprozeß und der Erzeugung

der oberen Elektroden 5 auf Oxid-Piezoelementen, die durch die Musterung der Oxid-Piezoschicht 4 gebildet sind, die gleichen wie diejenigen in dem siebenten und achten Ausführungsbeispiel.

Gemäß diesem Ausführungsbeispiel wird ein Fotoresistfilm 6 über die untere Oberfläche der Kammerplatte 1 nach Erzeugung der oberen Elektroden 5 geschichtet, wie dies in Fig. 9B gezeigt ist. Der Fotoresistfilm 6 wird sodann einem weichen Ausheizprozeß unterworfen. Nach Abschluß des weichen Ausheizprozesses wird der Fotoresistfilm 6 mit Licht mittels einer Maske belichtet, entwickelt und dann gespült, um dadurch unnötige Teile hiervon zu entfernen. Die sich ergebende Struktur, die nach teilweisem Entfernen des Fotoresistfilmes 4 erhalten ist, ist in Fig. 9C gezeigt, die umgekehrt zu Fig. 9B ist.

Danach wird die Kammerplatte 1 durch ein Ätzmittel geätzt, während der gemusterte Fotoresistfilm 6 als eine Maske verwendet wird, um dadurch eine Vielzahl von gleichmäßig beabstandeten Lösungskammern 1a in der Kammerplatte 1 zu erzeugen, wie dies in Fig. 9D gezeigt ist. Somit wird ein Mikroaktuators mit einer gewünschten Struktur hergestellt.

Die Fig. 10A bis 10F sind jeweils Schnittdarstellungen, die ein Verfahren zum Herstellen eines Mikroaktuators gemäß einem zehnten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung veranschaulichen.

In der Fig. 10A sind eine untere Elektrode 3 und eine Oxid-Piezoschicht 4 gezeigt, welche sequenziell über eine Schwingplatte 2 geschichtet sind, die einheitlich bzw. integral mit einer Kammerplatte 1 gebildet ist. Die Kammerplatte 1 hat eine Vielzahl von gleichmäßig beabstandeten Lösungskammern 1a.

In diesem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist der Prozeßschritt der Musterung bzw. der Musterbildung der Oxid-Piezoschicht 4 gemäß einem Ätzprozeß der gleiche wie diejenigen in den siebenten, achten und neunten Ausführungsbeispielen.

Gemäß dem zehnten Ausführungsbeispiel wird eine Elektrodenschicht 5 bis zu einer gewünschten Dicke über der gesamten oberen Oberfläche der Struktur aufgetragen, die nach der Erzeugung der Oxid-Piezoelemente 4 erhalten ist, insbesondere auf die oberen Oberflächen der Oxid-Piezoelemente 4 und der freiliegenden Oberflächenteile der unteren Elektrode 3, wie dies in Fig. 10B gezeigt ist.

Danach wird ein Fotoresistfilm 6 über die Elektrodenschicht 5 geschichtet, wie dies in Fig. 10C gezeigt ist. Der Fotoresistfilm 6 wird sodann einem weichen Ausheizprozeß unterworfen. Nach Abschluß des weichen Ausheizprozesses wird der Fotoresistfilm 6 mit Licht mittels einer Maske belichtet, entwickelt und dann gespült, um dadurch unnötige Teile hiervon zu entfernen. Die sich ergebende Struktur ist in Fig. 10D gezeigt.

Nach dem teilweisen Entfernen des Fotoresistfilmes 6 wird die Elektrodenschicht 5 teilweise belichtet. In diesem Zustand wird die Elektrodenschicht 5 an freiliegenden Teilen hiervon in einer Richtung, die durch Pfeile in Fig. 10E angedeutet ist, mittels eines Ätzmittels geätzt.

Als ein Ergebnis wird die Elektrodenschicht 5 lediglich auf den Oxid-Piezoelementen 4 belassen.

Somit werden obere Elektroden 5 erzeugt. Danach wird der auf den oberen Elektroden 5 belassene Fotoresistfilm 6 vollständig entfernt. Als ein Ergebnis wird ein Mikroaktuators mit einer gewünschten Struktur hergestellt, wie diese in Fig. 10F gezeigt ist.

Die Fig. 11A bis 11C sind jeweils Schnittdarstellungen, die ein Verfahren zum Herstellen eines Mikroaktuators gemäß einem elften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung veranschaulichen.

In Fig. 11A sind eine untere Elektrode 3 und eine Oxid-

Piezoschicht 4 gezeigt, welche sequenziell über eine flache Schwingplatte 2 geschichtet sind.

In diesem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist der Prozeßschritt der Musterbildung der Oxid-Piezoschicht 4 mittels eines Ätzprozesses der gleiche wie diejenigen in den siebenten, achten und neunten Ausführungsbeispielen.

Gemäß dem elften Ausführungsbeispiel wird eine Elektrodenschicht 5 bis zu einer gewünschten Dicke über die gesamte obere Oberfläche der Struktur aufgetragen, die nach der Erzeugung der Oxid-Piezoelemente 4 erhalten ist, insbesondere auf die oberen Oberflächen der Oxid-Piezoelemente 4 und die freiliegenden oberen Oberflächenteile der unteren Elektrode 3, wie dies in dem zehnten Ausführungsbeispiel der Fall ist. Anschließend wird ein Fotoresistfilm 6 über die Elektrodenschicht 5 geschichtet.

Danach wird der Fotoresistfilm 6 weich ausgeheizt, mit Licht mittels einer Maske belichtet, entwickelt und dann gespült, um dadurch unnötige Teile hiervon zu entfernen. Die Elektrodenschicht 5 wird sodann an freiliegenden Teilen hiervon mittels eines Ätzmittels geätzt, um dadurch obere Elektroden eines gewünschten Musters auf den Oxid-Piezoelementen 4 zu erzeugen, wie dies in Fig. 11B gezeigt ist.

Nach der Erzeugung der oberen Elektroden 5 wird eine Kammerplatte 1, die zuvor so vorbereitet wurde, daß sie eine Vielzahl von gleichmäßig beabstandeten Lösungskammern 1a hat, an der unteren Oberfläche der Schwingplatte 2 angebracht, wie dies in Fig. 11C gezeigt ist. Die Kammerplatte 1 ist derart angeordnet, daß die Lösungskammern 1a hiervon jeweils vertikal unter den Oxid-Piezoelementen 4 angeordnet sind.

Die Fig. 12A bis 12D sind jeweils Schnittdarstellungen, die ein Verfahren zum Herstellen eines Mikroaktuators gemäß einem zwölften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung veranschaulichen. In den Fig. 12A bis 12D sind jeweils Elemente entsprechend zu demjenigen der Fig. 1A bis 1I mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

In Fig. 12A sind eine untere Elektrode 3 und eine Oxid-Piezoschicht 4 gezeigt, welche sequenziell über eine Schwingplatte 2 geschichtet sind, die einheitlich bzw. integral mit der Kammerplatte 1 ausgebildet ist. Die Kammerplatte 1 ist in einem Zustand, in welchem keine Lösungskammer gebildet ist.

In diesem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird die Oxid-Piezoschicht 4 zuerst in der gleichen Weise wie in dem siebenten, achten und neunten Ausführungsbeispiel gemustert. Danach werden eine Elektrodenschicht 5 und ein (nicht gezeigter) Fotoresistfilm sequenziell über die gesamte obere Oberfläche der Struktur geschichtet, die nach der Musterbildung der Oxid-Piezoschicht 4 erhalten ist, insbesondere auf die oberen Oberflächen der Oxid-Piezoelemente, die durch die Musterbildung der Oxid-Piezoschicht 4 erhalten sind, und die freiliegenden oberen Oberflächenteile der unteren Elektrode 3 in der gleichen Weise wie in dem zehnten und elften Ausführungsbeispiel.

Gemäß diesem Ausführungsbeispiel wird der Fotoresistfilm sodann gemustert, um dadurch unnötige Teile hiervon zu entfernen. Mittels des gemusterten Fotoresistfilmes als eine Maske wird sodann die Elektrodenschicht 5 an freiliegenden Teilen hiervon mittels eines Ätzmittels geätzt, um dadurch obere Elektroden eines gewünschten Musters auf den Oxid-Piezoelementen 4 zu erzeugen. In diesem Zustand wird das verbleibende Fotoresist 6 vollständig durch einen Spülprozeß entfernt.

Ein Fotoresistfilm 6 wird sodann über die untere Oberfläche der Kammerplatte 1 geschichtet, wie dies in Fig. 12B gezeigt ist. Der Fotoresistfilm 6 wird sodann einem weichen Ausheizprozeß unterworfen. Nach Abschluß des weichen

Ausheizprozesses wird der Fotoreisistfilm 6 mit Licht mittels einer Maske belichtet, entwickelt und sodann gespült, um dadurch unnötige Teile hiervon zu entfernen. Die sich ergebende Struktur, die nach teilweisem Entfernen des Fotoreisistfilmes 6 erhalten ist, ist in Fig. 12C gezeigt, welche zu Fig. 12B umgekehrt ist.

Sodann wird die Kammerplatte 1 durch ein Ätzmittel geätzt, während der gemusterte Fotoreisistfilm 6 als eine Maske verwendet wird, um dadurch eine Vielzahl von gleichmäßig beabstandeten Lösungskammern 1a in der Kammerplatte 1 zu bilden, wie dies in Fig. 12D gezeigt ist. Somit wird ein Mikroaktuator mit einer gewünschten Struktur hergestellt.

Wie aus den obigen Ausführungsbeispielen folgt, zeichnet sich die vorliegende Erfindung hauptsächlich dadurch aus, daß die Herstellung eines Mikroaktuators für einen Tintenstrahlkopf, der eine Mehrschichtstruktur hat, die Verwendung eines Ätzprozesses nach einer Musterbildung eines Teiles von grundlegenden Schichten der Mehrschichtstruktur, insbesondere wenigstens einer Oxid-Piezoschicht, einschließt.

Obwohl die Oxid-Piezoelemente 4 auf der Schwingplatte 2 derart angeordnet sind, daß sie vertikal und zentral mit den Lösungskammern 1a in den oben erwähnten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung ausgerichtet sind, können zusätzliche Oxid-Piezoelemente 4 auch auf Teilen der Schwingplatte 2 vertikal und zentral mit Teilen der Kammerplatte 1 angeordnet sein, welche jeweils zwischen benachbarten Lösungskammern 1a vorgesehen sind, wie dies in Fig. 13 gezeigt ist.

Die Struktur von Fig. 13 kann durch Ätzen der Oxid-Piezoschicht 4 mit einer schmalen Ätzbreite hergestellt werden. Unter dieser Bedingung werden Oxid-Piezoelemente mit der gleichen Gestalt an Stellen gebildet, die jeweils zwischen benachbarten Lösungskammern 1a festgelegt sind, sowie an Teilen, die jeweils über den Lösungskammern 1a ausgebildet sind. Wenn ein derartiger Ätzprozeß mit einer schmalen Ätzbreite eingesetzt wird, werden verschiedene Vorteile gemäß Ätzeigenschaften erhalten, welche in Fig. 14 veranschaulicht sind.

D.h., wenn die Oxid-Piezoschicht 4 gemäß einem Ätzprozeß gemustert wird, wobei eine schmale Ätzbreite verwendet wird, kann die Musterung wirtschaftlich innerhalb einer reduzierten Ätzzeit erzielt werden, da die zu ätzende Fläche reduziert ist, wie dies in Fig. 14 gezeigt ist. Darüber hinaus besteht kein oder ein kleiner Belastungs- bzw. Ladeeffekt. Dies führt zu einer überlegenen Wiederholbarkeit bzw. Reproduzierbarkeit.

In diesem Fall wird die Ätztiefe auch automatisch eingestellt. D.h., es ist ein Selbstbeschränkungseffekt vorgesehen. In der Struktur von Fig. 13 tritt kein Übersprechen zwischen benachbarten Kammern 1a auf. Demgemäß ist es möglich, die Eigen- und Entladefrequenzen von jeder Kammer 1a zu steigern. Dies führt zu einer Verbesserung im Betriebsverhalten.

In dem gemäß einem der obigen Ausführungsbeispiele hergestellten Mikroaktuator können eine Einschränkungplatte 7, eine Kanalplatte 8, eine Reservoirplatte 9 und eine Düsenplatte 10 ganz oder teilweise über die untere Oberfläche der Kammerplatte 1 in dieser Reihenfolge geschichtet oder laminiert sein, wie dies in Fig. 15 gezeigt ist.

Vorzugsweise besteht die Schwingplatte 1 aus einer Metall-Dünnplatte mit einer Dicke von 3 bis 200 µm oder einer Keramik-Dünnplatte mit einer Dicke von 5 bis 300 µm. Die Kammerplatte 1, die an der Schwingplatte 2 angebracht ist, hat insbesondere eine Dicke von 50 bis 1000 µm.

Wenn eine Metall-Dünnplatte für die Schwingplatte 2 verwendet wird, kann sie eine Dünnplatte aus rostfreiem Stahl, der Chrom in einer Menge von 10 bis 30% und Eisen

in einer Menge von 70 bis 90% enthält, oder eine Dünnplatte, die Nickel, Chrom und Titan in einer Gesamtmenge von 90% oder mehr enthält, umfassen. Insbesondere ist die Metall-Dünnplatte teilweise nachgeätzt, um eine gewünschte Abmessung zu besitzen. Alternativ kann die Metall-Dünnplatte mittels eines Preßprozesses hergestellt werden, um eine gewünschte Abmessung aufzuweisen. Die Metall-Dünnplatte kann auch auf einem getrennten Substrat mittels eines galvanoplastischen Prozesses erzeugt werden.

Wenn eine Keramik-Dünnplatte für die Schwingplatte 2 verwendet wird, kann sie eine Dünnplatte umfassen, welche ein Zirkonoxid (ZrO_2), Aluminiumoxid (Al_2O_3) und ein Siliziumdioxid (SiO_2) in einer Gesamtmenge von 80% oder mehr enthält. Die Keramik-Dünnplatte kann auch hergestellt werden, indem ein Oxidpulver enthaltender Schlamm in die Form einer Grünschlicht gebracht und die Grünschlicht sodann gesintert wird. Alternativ kann die Keramik-Dünnplatte durch Formen des Schlammes in eine gewünschte Gestalt und anschließendes Sintern des geformten Schlammes hergestellt werden.

Vorzugsweise besteht die untere Elektrode 3 aus einem leitenden Metall oder Edelmetall. Die untere Elektrode 3 wird auf der Schwingplatte 2 mittels eines Siebdruckprozesses oder eines Dampfabscheidungsprozesses, wie beispielsweise eines Zerstäubungs- bzw. Sputter- oder eines Verdampfungsprozesses gebildet.

Die Oxid-Piezoschicht 4, die getrennt vorbereitet wird, wird mit der unteren Elektrode 3 mittels eines Leitfähigkeit aufweisenden Haft- bzw. Klebstoffes verbunden. Somit kann die untere Elektrode 3 extern in einfacher Weise angeschlossen werden.

Wenn die Schwingplatte 2 aus einem leitenden Metallmaterial hergestellt ist, ist es möglich, die untere Elektrode 3 zu eliminieren. In diesem Fall ist die Oxid-Piezoschicht 4, die getrennt gebildet wird, direkt mit der Schwingplatte 2 verbunden. Alternativ kann die Oxid-Piezoschicht 4 direkt auf der Schwingplatte 2 mittels eines Siebdruckprozesses gebildet werden.

Es wird bevorzugt, daß die Schwingplatte und der verwendete Haftstoff einen hohen Säurewiderstand haben, so daß sie nicht während der Musterung der Oxid-Piezoschicht mittels eines Ätzmittels, das hauptsächlich Säure enthält, geätzt werden.

Das Ätzmittel, das bei dem Ätzprozeß verwendet wird, kann eine flüssige oder gasförmige Phase aufweisen. Der Ätzprozeß, der ein flüssiges Ätzmittel verwendet, wird "Naßätzprozeß" genannt, während der Ätzprozeß, der ein Ätzmittel einer Gasphase, insbesondere einer Plasmagasphase, verwendet, als "Trockenätzprozeß" bezeichnet wird.

Die Naß- und Trockenätzprozesse können beide nach Ätzen der Elektroden zur Bildung von oberen Elektroden und nach Ätzen der Oxid-Piezoschicht zum Bilden von Oxid-Piezoelementen verwendet werden. Jedoch wird bevorzugt, daß der Trockenätzprozeß bei der Bildung der oberen Elektroden eher als bei der Bildung der Oxid-Piezoelemente eingesetzt wird. Dies beruht darauf, daß der Trockenätzprozeß hauptsächlich auf Dünnfilme mit einer kleineren Dicke angewandt wird.

Die Oxid-Piezoschicht 4, die mit der Schwingplatte 2 oder der unteren Elektrode 3 verbunden ist, hat die Form einer Dünnplatte mit einer Dicke von etwa 5 bis 300 µm. Die Oxid-Piezoschicht 4 kann durch Erzeugen einer Grünschlicht mit einer dünnen Plattengestalt und anschließendes Sintern der Grünschlicht hergestellt werden. Alternativ kann die Oxid-Piezoschicht 4 aus einer dünnen Platte bestehen, die aus einem Körper geschnitten und dann an oberen und unteren Oberflächen hiervon einem Lappprozeß unterworfen ist.

Die Oxid-Piezoschicht 4 hat eine Perovskit-Kristallstruktur, welche Sauerstoff und Metallelemente einschließlich Blei und Barium in einer Menge von 40 bis 60%, bezogen auf die Gesamtmenge der Metallelemente, enthält. Insbesondere enthält das in diesem Fall verwendete piezoelektrische Material PZT ($\text{Pb}(\text{ZrTi})\text{O}_3$), PLZT ($\text{Pb}_{1-x}\text{La}_x(\text{ZrTi})\text{O}_3$), PZT-PMN ($\text{Pb}(\text{MnNb})\text{O}_3$), PbTiO_3 oder BaTiO_3 in einer Menge von 95% oder mehr. Das piezoelektrische Material kann zusätzlich Strontium (Sr), Mangan (Mn) und Niob (Nb) in einer Menge von etwa 5% oder weniger enthalten.

Der Fotoresistfilm 6, der über die untere Elektrode 3 oder die Oxid-Piezoschicht 4 geschichtet ist, wird durch Spin- bzw. Schleuder-Beschichten eines Fotoresistmaterials einer flüssigen Phase auf das Target bei einer Drehzahl von etwa 4000 U/min oder durch Laminieren eines Fotoresistmaterials in der Form eines Trockenfilmes über dem Target laminiert.

Der Fotoresistfilm 6, der aufgetragen ist, wird bei einer Temperatur von etwa 70 bis 100°C weich ausgeheizt, mit Licht mittels einer Maske mit einem gewünschten Muster belichtet und sodann entwickelt.

Der Fotoresistfilm 6 kann selektiv mittels eines negativen Fotoresistmaterials oder eines positiven Fotoresistmaterials hergestellt werden. Für das gewählte Fotoresistmaterial werden die Entwicklungslösung und die Spüllösung, die zu verwenden sind, in geeigneter Weise bestimmt.

Vorzugsweise wird ein negatives Fotoresistmaterial verwendet, da ein derartiges negatives Fotoresistmaterial einen hohen Säurewiderstand aufweist, wobei die Tatsache berücksichtigt wird, daß die Oxid-Piezoschicht mittels eines Ätzprozesses gemustert wird.

Wenn ein Mikroaktuator gemäß der oben erwähnten Methode hergestellt wird, kann er Oxid-Piezoelemente und obere Elektroden mit jeweiligen Mustern haben, die in der Lage sind, eine optimale Ausspritzwirksamkeit zu erzielen. Weiterhin ist eine optimale Veränderung in diesen Mustern möglich. Demgemäß wird ein relativ gesteigerter Freiheitsgrad im Design erzielt.

In herkömmlichen Fällen sollte eine aufwendige Loch- oder Stanzmaschine für die Musterung einer Oxid-Piezoschicht zur Bildung der piezoelektrischen Elemente eines gewünschten Musters und zur Musterung einer Elektroden-schicht zur Bildung von oberen Elektroden eines gewünschten Musters verwendet werden. Gemäß der vorliegenden Erfindung werden jedoch solche Musterprozesse chemisch erzielt. Demgemäß kann eine einfache Fertigung ohne Verwendung jeglicher aufwendigen Ausrüstung erreicht werden. In herkömmlichen Fällen umfaßt eine Veränderung in Mustern einen aufwendigen Ausrüstungsersatz oder -zusatz. Gemäß der vorliegenden Erfindung ist jedoch lediglich ein einfacher Maskenersatz für eine solche Veränderung in Mustern erforderlich. Daher liefert die vorliegende Erfindung in wirtschaftlicher Hinsicht erhebliche Vorteile.

Insbesondere ergibt das erfindungsgemäße Musterungsverfahren eine überlegene Genauigkeit hinsichtlich einem mechanischen Musterungsverfahren, das in herkömmlichen Fällen eingesetzt wird. Daher ist das erfindungsgemäße Verfahren zur Erzeugung von Mikromustern am besten. Entsprechend weist der sich ergebende Aktuator ein überlegenes Betriebsverhalten selbst bei Mikroteilen hiervon auf.

Darüber hinaus ist es möglich, eine Reduktion in der Prozeßzeit zu erzielen, während eine Verbesserung in der Produktivität erreicht wird, was für eine Massenproduktion besonders vorteilhaft ist, wenn ein Vergleich mit der mechanischen Prozeßmethode vorgenommen wird, welche in herkömmlichen Fällen zum Einsatz gelangt.

1. Verfahren zum Herstellen eines für einen Tintenstrahlkopf verwendbaren Mikroactuators, umfassend die folgenden Schritte:

Sequenzielles Laminieren einer unteren Elektrode (1) und einer Oxid-Piezoschicht (4) über einer Schwingplatte (2), die integral mit einer Kammerplatte (1) ausgebildet ist, welche eine Vielzahl von gleichmäßig beabstandeten Lösungskammern (1a) hat,

Beschichten eines ersten Fotoresistfilmes (6) über einer oberen Oberfläche der Oxid-Piezoschicht (4) und Entfernen von unnötigen Teilen des ersten Fotoresistfilmes (6),

Beschichten einer Elektroden-schicht (5) bis zu einer gewünschten Dicke über der gesamten frei liegenden oberen Oberfläche der sich ergebenden Struktur, die nach dem teilweisen Entfernen des ersten Fotoresistfilmes (6) erhalten ist, einschließlich einer oberen Oberfläche des ersten Fotoresistfilmes (6), der auf der Oxid-Piezoschicht (4) zurückbleibt, und freiliegenden oberen Oberflächenteilen der Oxid-Piezoschicht (4),

Entfernen des verbleibenden ersten Fotoresistfilmes (6) mittels einer Spüllösung, während gleichzeitig Teile der Elektroden-schicht (5) entfernt werden, die über dem verbleibenden Fotoresistfilm (6) angeordnet sind, um dadurch obere Elektroden (5) zu bilden,

Beschichten eines zweiten Fotoresistfilmes (6) über der gesamten freiliegenden oberen Oberfläche der sich ergebenden Struktur, die nach Bildung der oberen Elektroden erhalten ist, einschließlich der oberen Oberflächen der oberen Elektroden und der frei liegenden oberen Oberflächenteile der Oxid-Piezoschicht (4),

Entfernen von unnötigen Teilen des zweiten Fotoresistfilmes (6), die nicht die oberen Elektroden bedecken, in einer Weise, daß verbleibende Teile des zweiten Fotoresistfilmes eine größere Fläche als die jeweils hiermit zugeordneten oberen Elektroden haben,

Mustern der Oxid-Piezoschicht (4) mittels eines Ätzmittels, während der zweite Fotoresistfilm, der auf den oberen Elektroden zurückbleibt, als eine Maske verwendet wird, um dadurch Oxid-Piezoelemente zu bilden, und

Entfernen des verbleibenden zweiten Fotoresistfilmes (6).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingplatte (2) aus einer Metall-Dünnplatte mit einer Dicke von 3 bis 200 µm gebildet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingplatte (2) aus einer Keramik-Dünnplatte mit einer Dicke von 5 bis 300 µm gebildet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Keramik-Dünnplatte durch Bilden eines ein Oxid-Pulver enthaltenden Schlammes in eine Grünschlicht und anschließendes Sintern der Grünschlicht gebildet wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschicht (4) durch Bilden eines Oxid-Piezomaterials in eine Dünnplatte mit einer Dicke von 10 bis 300 µm und anschließendes Sintern dieser Dünnplatte gebildet wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschicht (4) bei deren Musterungsschritt mit einer schmalen Ätzbreite in der Art geätzt wird, daß die Oxid-Piezoelemente auf Teilen der Schwingplatte (2), die vertikal und zentral mit den Lösungskammern (1a) ausgerichtet

sind, und Teilen der Schwingplatte (2), die vertikal und zentral mit Teilen der Kammerplatte (1), die jeweils einem Bereich entsprechen, der zwischen benachbarten Lösungskammern angeordnet ist, gebildet werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschicht bei deren Musterungsschritt mittels einer Ätzlösung naßgeätzt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschicht (4) bei deren Musterungsschritt mittels eines Plasmaphasen-Ätzgases trocken geätzt wird.

9. Verfahren zum Herstellen eines Mikroaktuators, der für einen Tintenstrahlkopf verwendbar ist, umfassend die folgenden Schritte:

Sequenzielles Laminieren einer unteren Elektrode und einer Oxid-Piezoschicht (4) über einer flachen Schwingplatte (2),

Beschichten eines ersten Fotoresistfilmes (6) über einer oberen Oberfläche der Oxid-Piezoschicht (4) und Entfernen von unnötigen Teilen des ersten Fotoresistfilmes,

Beschichten einer Elektrodenschicht (5) bis zu einer gewünschten Dicke über der gesamten frei liegenden oberen Oberfläche der sich ergebenden Struktur, die nach der teilweisen Entfernung des ersten Fotoresistfilmes erhalten ist, einschließlich einer oberen Oberfläche des ersten Fotoresistfilmes (6), der auf der Oxid-Piezoschicht (4) zurückbleibt, und freiliegender oberer Oberflächenteile der Oxid-Piezoschicht (4),

Entfernen des verbleibenden ersten Fotoresistfilmes (6) mittels einer Spüllösung, während gleichzeitig Teile der Elektrodenschicht (5) entfernt werden, die über dem verbleibenden ersten Fotoresistfilm (6) angeordnet sind, um dadurch obere Elektroden zu bilden,

Beschichten eines zweiten Fotoresistfilmes (6) über der gesamten freiliegenden oberen Oberfläche der sich ergebenden Struktur, die nach der Bildung der oberen Elektroden erhalten ist, einschließlich oberer Oberflächen der oberen Elektroden und freiliegenden oberen Oberflächenteilen der Oxid-Piezoschicht (4),

Entfernen von unnötigen Teilen des zweiten Fotoresistfilmes (6), die nicht die oberen Elektroden bedecken, in einer solchen Weise, daß verbleibende Teile des zweiten Fotoresistfilmes (6) eine größere Fläche als die jeweils hiermit zugeordneten oberen Elektroden haben, Mustern der Oxid-Piezoschicht (4) mittels eines Ätzmittels, während der auf den oberen Elektroden zurückbleibende zweite Fotoresistfilm als eine Maske verwendet wird, um dadurch Oxid-Piezoelemente zu bilden.

Entfernen des verbleibenden zweiten Fotoresistfilmes, und Laminieren einer Kammerplatte (1) mit einer Vielzahl von gleichmäßig beabstandeten Lösungskammern (1a) über einer unteren Oberfläche der Schwingplatte (2).

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingplatte (2) aus einer Metall-Dünnpalte mit einer Dicke von 3 bis 200 µm gebildet wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingplatte (2) aus einer Keramik-Dünnpalte mit einer Dicke von 5 bis 300 µm gebildet wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Keramik-Dünnpalte durch Bilden eines Oxid-Pulver enthaltenden Schlammes in eine Grünschlicht und anschließendes Sintern der Grünschlicht erzeugt wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschicht (4) durch Bilden eines Oxid-Piezomaterials in eine Dünnpalte mit einer Dicke von 10 bis 300 µm und anschließendes Sintern dieser Dünnpalte gebildet wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschicht (4) bei deren Musterungsschritt mit einer schmalen Ätzbreite derart geätzt wird, daß die Oxid-Piezoelemente auf Teilen der Schwingplatte (2), um vertikal und zentral mit den Lösungskammern (1a) ausgerichtet zu sein, und Teilen der Schwingplatte (2), um vertikal und zentral mit Teilen der Kammerplatte (1) ausgerichtet zu sein, die jeweils einem Bereich entsprechen, der zwischen benachbarten Lösungskammern festgelegt ist, angeordnet werden.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschicht (4) bei deren Musterungsschritt mittels einer Ätzlösung naßgeätzt wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschicht (4) bei deren Musterungsschritt mittels eines Plasmaphasen-Ätzgases trocken geätzt wird.

17. Verfahren zum Herstellen eines Mikroaktuators, der für einen Tintenstrahlkopf verwendbar ist, umfassend die folgenden Schritte:

Sequenzielles Laminieren einer unteren Elektrode und einer Oxid-Piezoschicht (4) über einer Schwingplatte (2), die integral mit einer keine Lösungskammer aufweisenden Kammerplatte (1) gebildet ist,

Beschichten eines ersten Fotoresistfilmes (6) über einer oberen Oberfläche der Oxid-Piezoschicht und Entfernen von nicht benötigten Teilen des ersten Fotoresistfilmes (6),

Beschichten einer Elektrodenschicht (5) bis zu einer gewünschten Dicke über der gesamten freiliegenden oberen Oberfläche der sich ergebenden Struktur, die nach dem teilweisen Entfernen des ersten Fotoresistfilmes erhalten ist, einschließlich einer oberen Oberfläche des ersten Fotoresistfilmes, der auf der Oxid-Piezoschicht zurückbleibt, und freiliegender oberer Oberflächenteile der Oxid-Piezoschicht (4),

Entfernen des verbleibenden ersten Fotoresistfilmes mittels einer Spüllösung, während gleichzeitig Teile der Elektrodenschicht (5) entfernt werden, die über dem verbleibenden ersten Fotoresistfilm angeordnet sind, um dadurch obere Elektroden zu erzeugen,

Beschichten eines zweiten Fotoresistfilmes über der gesamten frei liegenden oberen Oberfläche der sich ergebenden Struktur, die nach der Bildung der oberen Elektroden erhalten ist, einschließlich oberer Oberflächen der oberen Elektroden und freiliegenden oberen Oberflächenteilen der Oxid-Piezoschicht (4),

Entfernen nicht benötigter Teile des zweiten Fotoresistfilmes (6), die nicht die oberen Elektroden bedecken, in einer solchen Weise, daß zurückbleibende Teile des zweiten Fotoresistfilmes eine größere Fläche als die jeweils hiermit zugeordneten oberen Elektroden haben.

Mustern der Oxid-Piezoschicht (4) mittels eines Ätzmittels, während der zweite Fotoresistfilm (6), der auf den oberen Elektroden zurückbleibt, als eine Maske verwendet wird, um dadurch Oxid-Piezoelemente zu bilden,

Entfernen des zurückbleibenden zweiten Fotoresistfilmes (6),

Beschichten eines dritten Fotoresistfilmes über einer unteren Oberfläche der Kammerplatte (1) und Entfernen

nen von nicht benötigten Teilen des dritten Fotoresistfilmes, und

Mustern der Kammerplatte (1) mittels eines Ätzmittels, um dadurch eine Vielzahl von gleichmäßig beabstandeten Lösungskammern (1a) zu erzeugen.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingplatte (2) aus einer Metall-Dünnpalte mit einer Dicke von 3–200 µm gebildet wird.

19. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingplatte (2) aus einer Keramik-Dünnpalte mit einer Dicke von 5 bis 300 µm gebildet wird.

20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Keramik-Dünnpalte durch Bilden eines Oxid-Pulver enthaltenden Schlammes in eine Grünschlicht und anschließendes Sintern dieser Grünschlicht gebildet wird.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschlicht (4) durch Bilden eines Oxid-Piezomaterials in eine Dünnpalte mit einer Dicke von 10 bis 300 µm und anschließendes Sintern dieser Dünnpalte gebildet wird.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Piezo-Oxidschlicht (4) bei deren Musterungsschlritt mit einer schmalen Ätzbreite in einer solchen Weise gebildet wird, daß die Oxid-Piezoelemente auf Teilen der Schwingplatte (2), um vertikal und zentral mit den Lösungskammern (1a) ausgerichtet zu sein, und Teilen der Schwingplatte (2), um vertikal und zentral mit Teilen der Kammerplatte (1) ausgerichtet zu sein, die jeweils einem Bereich entsprechen, der zwischen benachbarten Lösungskammern (1a) gebildet ist, angeordnet werden.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschlicht bei dem Musterungsschlritt hiervon mittels einer Ätzlösung naßgeätzt wird.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschlicht bei deren Musterungsschlritt mittels eines Plasmaphasen-Ätzzases trockengeätzt wird.

25. Verfahren zum Herstellen eines Mikroaktuators, der für einen Tintenstrahlkopf verwendbar ist, umfassend die folgenden Schritte:

Sequenzielles Laminieren einer unteren Elektrode, einer Oxid-Piezoschlicht (4) und einer Elektrodenschicht (5) über einer Schwingplatte (2), die integral mit einer Kammerplatte (1) mit einer Vielzahl von gleichmäßig beabstandeten Lösungskammern (1a) gebildet ist, Beschichten eines ersten Fotoresistfilmes über einer oberen Oberfläche der Elektrodenschicht und Entfernen von nicht benötigten Teilen des ersten Fotoresistfilmes (6),

Mustern der Elektrodenschicht mittels eines Ätzmittels, während der auf der Elektrodenschicht zurückbleibende Fotoresistfilm als eine Maske verwendet wird, um dadurch obere Elektroden zu erzeugen,

Beschichten eines zweiten Fotoresistfilmes (6) über der gesamten freiliegenden oberen Oberfläche der sich ergebenden Struktur, die nach der Erzeugung der oberen Elektroden erhalten ist, einschließlich oberen Oberflächen der oberen Elektroden und freiliegenden oberen Oberflächenteilen der Oxid-Piezoschlicht (4) und Entfernen von nicht benötigten Teilen des zweiten Fotoresistfilmes, der nicht die oberen Elektroden bedeckt, in einer solchen Weise, daß verbleibende Teile des zweiten Fotoresistfilmes eine größere Fläche als die jeweils

hiermit zugeordneten oberen Elektroden haben, Mustern der Oxid-Piezoschlicht mittels eines Ätzmittels, während der zweite Fotoresistfilm (6), der auf den oberen Elektroden zurückbleibt, als eine Maske verwendet wird, um dadurch Oxid-Piezoelemente zu erzeugen, und Entfernen des verbleibenden zweiten Fotoresistfilmes (6).

26. Verfahren nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingplatte (2) aus einer Metall-Dünnpalte mit einer Dicke von 3 bis 200 µm gebildet wird.

27. Verfahren nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingplatte (2) aus einer Keramik-Dünnpalte mit einer Dicke von 5 bis 300 µm gebildet wird.

28. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Keramik-Dünnpalte durch Bilden eines Oxid-Pulver enthaltenden Schlammes in eine Grünschlicht und Sintern der Grünschlicht erzeugt wird.

29. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschlicht (4) durch Bilden eines Oxid-Piezomaterials in eine Dünnpalte mit einer Dicke von 10 bis 300 µm und anschließendes Sintern der Dünnpalte gebildet wird.

30. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschlicht (4) bei deren Musterungsschlritt mit einer schmalen Ätzbreite in einer solchen Weise geätzt wird, daß die Oxid-Piezoelemente auf Teilen der Schwingplatte (2), die vertikal und zentral mit den Lösungskammern (1a) ausgerichtet sind, und Teilen der Schwingplatte (2), die vertikal und zentral mit Teilen der Kammerplatte (1) ausgerichtet sind, die jeweils einem Bereich entsprechen, der zwischen benachbarten Lösungskammern (1a) vorgesehen ist, angeordnet werden.

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschlicht (4) bei deren Musterungsschlritt mittels einer Ätzlösung naßgeätzt wird.

32. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschlicht (4) bei deren Musterungsschlritt mittels eines Plasmaphasen-Ätzzases trockengeätzt wird.

33. Verfahren zum Herstellen eines Mikroaktuators, der für einen Tintenstrahlkopf verwendbar ist, umfassend die folgenden Schritte:

Sequenzielles Laminieren einer unteren Elektrode, einer Oxid-Piezoschlicht (4) und einer Elektrodenschicht (5) über einer flachen Schwingplatte (2), Beschichten eines ersten Fotoresistfilmes (6) über einer oberen Oberfläche der Elektrodenschicht (5) und Entfernen von nicht benötigten Teilen des ersten Fotoresistfilmes (6),

Mustern der Elektrodenschicht (5) mittels eines Ätzmittels, während der auf der Elektrodenschicht (5) zurückbleibende Fotoresistfilm (6) als eine Maske verwendet wird, um dadurch obere Elektroden zu erzeugen,

Beschichten eines zweiten Fotoresistfilmes (6) über der gesamten freiliegenden oberen Oberfläche der sich ergebenden Struktur, die nach Erzeugung der oberen Elektroden erhalten ist, einschließlich oberen Oberflächen der oberen Elektroden und freiliegenden oberen Oberflächenteilen der Oxid-Piezoschlicht (4), und Entfernen von nicht benötigten Teilen des zweiten Fotoresistfilmes (6), die nicht die oberen Elektroden bedecken, in einer solchen Weise, daß verbleibende Teile des zweiten Fotoresistfilmes (6) eine größere Fläche als die

hiermit jeweils zugeordneten oberen Elektroden haben, Mustern der Oxid-Piezoschicht (4) mittels eines Ätzmittels, während der auf den oberen Elektroden zurückbleibende zweite Fotoresistfilm (6) als eine Maske verwendet wird, um dadurch Oxid-Piezoelemente zu bilden, 5 Entfernen des verbleibenden zweiten Fotoresistfilmes (6), und Laminieren einer Kammerplatte (1) mit einer Vielzahl von gleichmäßig verteilten Lösungskammern (1a) über einer unteren Oberfläche der Schwingplatte (2). 10

34. Verfahren nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingplatte (2) aus einer Metall-Dünnpalte mit einer Dicke von 3 bis 200 µm gebildet wird. 15

35. Verfahren nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingplatte (2) aus einer Keramik-Dünnpalte mit einer Dicke von 5 bis 300 µm gebildet wird.

36. Verfahren nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, daß die Keramik-Dünnpalte durch Bilden eines ein Oxid-Pulver enthaltenden Schlammes in eine Grünschlicht und anschließendes Sintern der Grünschlicht gebildet wird. 20

37. Verfahren nach einem der Ansprüche 33 bis 36, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschicht (4) durch Bilden eines Oxid-Piezomaterials in eine Dünnpalte mit einer Dicke von 10 bis 300 µm und anschließendes Sintern der Dünnpalte gebildet wird. 25

38. Verfahren nach einem der Ansprüche 33 bis 37, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschicht (4) bei deren Musterungsschritt mit einer schmalen Ätzbreite in einer solchen Weise geätzt wird, daß die Oxid-Piezoelemente auf Teilen der Schwingplatte (2), um vertikal und zentral mit den Lösungskammern (1a) ausgerichtet zu sein, und Teilen der Schwingplatte (2), um vertikal und zentral mit Teilen der Kammerplatte (1) ausgerichtet zu sein, die jeweils einen Bereich entsprechen, der zwischen benachbarten Lösungskammern (1a) angeordnet ist, vorgesehen werden. 30 35 40

39. Verfahren nach einem der Ansprüche 33 bis 38, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschicht (4) bei deren Musterungsschritt mittels einer Ätzlösung naßgeätzt wird.

40. Verfahren nach einem der Ansprüche 33 bis 38, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschicht (4) bei deren Musterungsschritt mittels eines Plasmaphasen-Ätzgases trockengeätzt wird. 45

41. Verfahren zum Herstellen eines Mikroaktuators, der für einen Tintenstrahlkopf verwendbar ist, umfassend die folgenden Schritte: 50 Sequenzielles Laminieren einer unteren Elektrode, einer Oxid-Piezoschicht (4) und einer Elektrodenschicht (5) über einer Schwingplatte (2), die integral mit einer Kammerplatte, die keine Lösungskammer hat, gebildet ist, 55 Beschichten eines ersten Fotoresistfilmes (6) über einer oberen Oberfläche der Elektrodenschicht (5) und Entfernen von nicht benötigten Teilen des ersten Fotoresistfilmes (6). 60 Mustern der Elektrodenschicht (5) mittels eines Ätzmittels, während der auf der Elektrodenschicht (5) zurückbleibende Fotoresistfilm (6) als eine Maske verwendet wird, um dadurch obere Elektroden zu erzeugen, 65 Beschichten eines zweiten Fotoresistfilmes (6) über der gesamten freiliegenden oberen Oberfläche der sich ergebenden Struktur, die nach der Erzeugung der oberen

Elektroden erhalten ist, einschließlich oberen Oberflächen der oberen Elektroden und freiliegenden oberen Oberflächenteilen der Oxid-Piezoschicht (4), und Entfernen von nicht benötigten Teilen des zweiten Fotoresistfilmes (6), der nicht die oberen Elektroden bedeckt, in einer solchen Weise, daß zurückbleibende Teile des zweiten Fotoresistfilmes (6) eine größere Fläche als die jeweils hiermit zugeordneten oberen Elektroden haben, Mustern der Oxid-Piezoschicht (4) mittels eines Ätzmittels, während der auf den oberen Elektroden zurückbleibende zweite Fotoresistfilm (6) als eine Maske verwendet wird, um dadurch Oxid-Piezoelemente zu erzeugen, Entfernen des zurückbleibenden zweiten Fotoresistfilmes (6), Beschichten eines dritten Fotoresistfilmes (6) über einer unteren Oberfläche der Kammerplatte (1) und Entfernen von nicht benötigten Teilen des dritten Fotoresistfilmes, und Mustern der Kammerplatte (1) mittels eines Ätzmittels, um dadurch eine Vielzahl von gleichmäßig beabstandeten Lösungskammern (1a) zu erzeugen.

42. Verfahren nach Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingplatte (2) aus einer Metall-Dünnpalte mit einer Dicke von 3 bis 200 µm gebildet wird.

43. Verfahren nach Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingplatte (2) aus einer Keramik-Dünnpalte mit einer Dicke von 5 bis 300 µm gebildet wird.

44. Verfahren nach Anspruch 43, dadurch gekennzeichnet, daß die Keramik-Dünnpalte durch Bilden eines ein Oxid-Pulver enthaltenden Schlammes in eine Grünschlicht und anschließendes Sintern dieser Grünschlicht erzeugt wird.

45. Verfahren nach einem der Ansprüche 41 bis 44, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschicht (4) durch Bilden eines Oxid-Piezomaterials in eine Dünnpalte mit einer Dicke von 10 bis 300 µm und anschließendes Sintern dieser Dünnpalte gebildet wird.

46. Verfahren nach einem der Ansprüche 41 bis 45, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschicht (4) bei deren Musterungsschritt mit einer schmalen Ätzbreite in einer solchen Weise geätzt wird, daß die Oxid-Piezoelemente auf Teilen der Schwingplatte, um vertikal und zentral mit den Lösungskammern (1a) ausgerichtet zu sein, und Teilen der Schwingplatte, um vertikal und zentral mit Teilen der Kammerplatte (1) ausgerichtet zu sein, die jeweils einem Bereich entsprechen, der zwischen benachbarten Lösungskammern (1a) angeordnet ist, gebildet werden.

47. Verfahren nach einem der Ansprüche 41 bis 46, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschicht (4) bei deren Musterungsschritt mit einer Ätzlösung naßgeätzt wird.

48. Verfahren nach einem der Ansprüche 41 bis 46, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschicht (4) bei deren Musterungsschritt mittels eines Plasmaphasen-Ätzgases trockengeätzt wird.

49. Verfahren zum Herstellen eines Mikroaktuators, der für einen Tintenstrahlkopf verwendbar ist, umfassend die folgenden Schritte: Sequenzielles Laminieren einer unteren Elektrode und einer Oxid-Piezoschicht (4) über einer Schwingplatte (2), die integral mit einer Kammerplatte (1) ausgebildet ist, die eine Vielzahl von gleichmäßig beabstandeten Lösungskammern (1a) hat, Beschichten eines ersten Fotoresistfilmes (6) über einer

oberen Oberfläche der Oxid-Piezoschicht (4) und Entfernen von nicht benötigten Teilen des ersten Fotoresistfilmes (6),

Mustern der Oxid-Piezoschicht (4) mittels eines Ätzmittels, während der auf der Oxid-Piezoschicht (4) zurückbleibende erste Fotoresistfilm (6) als eine Maske verwendet wird, um dadurch Oxid-Piezoelemente eines gewünschten Musters zu erzeugen,

Entfernen des zurückbleibenden ersten Fotoresistfilmes (6),

Beschichten eines zweiten Fotoresistfilmes (6) über der gesamten freiliegenden oberen Oberfläche der sich ergebenden Struktur, die nach der Bildung der Oxid-Piezoelemente erhalten ist, einschließlich oberen Oberflächen der Oxid-Piezoelemente und freiliegenden oberen Oberflächenteilen der unteren Elektrode und Entfernen von nicht benötigten Teilen des zweiten Fotoresistfilmes, die nicht die Oxid-Piezoelemente bedecken, Auftragen einer Elektrodenschicht bis zu einer gewünschten Dicke über der gesamten frei liegenden oberen Oberfläche der sich ergebenden Struktur, die nach dem teilweisen Entfernen des zweiten Fotoresistfilmes (6) erhalten ist, und

Entfernen des zweiten Fotoresistfilmes (6), der auf den Oxid-Piezoelementen zurückbleibt, mittels einer Spüllösung, während gleichzeitig Teile der Elektrodenschicht (5) entfernt werden, die über dem verbleibenden zweiten Fotoresistfilm (6) angeordnet sind, um dadurch obere Elektroden zu erzeugen.

50. Verfahren nach Anspruch 49, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingplatte (2) aus einer Metall-Dünnpalte mit einer Dicke von 3 bis 200 µm gebildet wird.

51. Verfahren nach Anspruch 49, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingplatte (2) aus einer Keramik-Dünnpalte mit einer Dicke von 5 bis 300 µm gebildet wird.

52. Verfahren nach Anspruch 51, dadurch gekennzeichnet, daß die Keramik-Dünnpalte durch Bilden eines ein Oxid-Pulver enthaltenden Schlammes in eine Grünschlicht und anschließendes Sintern der Grünschlicht gebildet wird.

53. Verfahren nach einem der Ansprüche 49 bis 52, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschicht (4) durch Bilden eines Oxid-Piezomaterials in eine Dünnpalte mit einer Dicke von 10 bis 300 µm und anschließendes Sintern dieser Dünnpalte gebildet wird.

54. Verfahren nach einem der Ansprüche 49 bis 53, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschicht (4) bei deren Musterungsschritt mit einer schmalen Ätzbreite in einer solchen Weise geätzt wird, daß die Oxid-Piezoelemente auf Teilen der Schwingplatte (2), die vertikal und zentral mit den Lösungskammern (1a) ausgerichtet sind, und Teilen der Schwingplatte (2), die vertikal und zentral mit Teilen der Kammerplatte (1) ausgerichtet sind, deren jeder einem Bereich entspricht, der jeweils zwischen benachbarten Lösungskammern (1a) festgelegt ist, angeordnet werden.

55. Verfahren nach einem der Ansprüche 49 bis 54, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschicht (4) bei deren Musterungsschritt mittels einer Ätzlösung naßgeätzt wird.

56. Verfahren nach einem der Ansprüche 49 bis 54, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschicht (4) bei deren Musterungsschritt mittels eines Plasmaphasen-Ätzgases trocken geätzt wird.

57. Verfahren zum Herstellen eines Mikroaktuators, der für einen Tintenstrahlkopf verwendbar ist, umfas-

send die folgenden Schritte:

Sequenzielles Laminieren einer unteren Elektrode und einer Oxid-Piezoschicht (4) über einer flachen Schwingplatte (?).

Beschichten eines ersten Fotoresistfilmes (6) über einer oberen Oberfläche der Oxid-Piezoschicht (4) und Entfernen von nicht benötigten Teilen des ersten Fotoresistfilmes (6),

Mustern der Oxid-Piezoschicht (4) mittels eines Ätzmittels, während der auf der Oxid-Piezoschicht (4) zurückbleibende erste Fotoresistfilm (6) als eine Maske verwendet wird, um dadurch Oxid-Piezoelemente eines gewünschten Musters zu erzeugen,

Entfernen des verbleibenden ersten Fotoresistfilmes (6),

Beschichten eines zweiten Fotoresistfilmes (6) über der gesamten freiliegenden oberen Oberfläche der sich ergebenden Struktur, die nach der Erzeugung der Oxid-Piezoelemente erhalten ist, einschließlich oberen Oberflächen der Oxid-Piezoelemente und freiliegenden oberen Oberflächenteilen der unteren Elektrode, und Entfernen von nicht benötigten Teilen des zweiten Fotoresistfilmes (6), die nicht die Oxid-Piezoelemente bedecken,

Auftragen einer Elektrodenschicht (5) bis zu einer gewünschten Dicke über der gesamten frei liegenden oberen Oberfläche der sich ergebenden Struktur, die nach der teilweisen Entfernung des zweiten Fotoresistfilmes (6) erhalten ist,

Entfernen des zweiten Fotoresistfilmes, der auf den Oxid-Piezoelementen zurückbleibt, durch Verwenden einer Spüllösung, während gleichzeitig Teile der Elektrodenschicht (5) entfernt werden, die über dem verbleibenden zweiten Fotoresistfilm angeordnet sind, um dadurch obere Elektroden zu erzeugen, und

Laminieren einer Kammerplatte (1) mit einer Vielzahl von gleichmäßig beabstandeten Lösungskammern (1a) über einer unteren Oberfläche der Schwingplatte (2).

58. Verfahren nach Anspruch 57, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingplatte (2) aus einer Metall-Dünnpalte mit einer Dicke von 3 bis 200 µm gebildet wird.

59. Verfahren nach Anspruch 57, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingplatte (2) aus einer Keramik-Dünnpalte mit einer Dicke von 5 bis 300 µm gebildet wird.

60. Verfahren nach Anspruch 59, dadurch gekennzeichnet, daß die Keramik-Dünnpalte durch Bilden eines ein Oxid-Pulver enthaltenden Schlammes in eine Grünschlicht und anschließendes Sintern der Grünschlicht gebildet wird.

61. Verfahren nach einem der Ansprüche 57 bis 60, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschicht (4) durch Bilden eines Oxid-Piezomaterials in eine Dünnpalte mit einer Dicke von 10 bis 300 µm und anschließendes Sintern dieser Dünnpalte gebildet wird.

62. Verfahren nach einem der Ansprüche 57 bis 61, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschicht (4) bei deren Musterungsschritt mit einer schmalen Ätzbreite in einer solchen Weise geätzt wird, daß die Oxid-Piezoelemente, die auf Teilen der Schwingplatte (2), um vertikal und zentral mit den Lösungskammern (1a) ausgerichtet zu sein, und Teilen der Schwingplatte (2), um vertikal und zentral mit Teilen der Kammerplatte (1) ausgerichtet zu sein, deren jeder einem Bereich entspricht, der jeweils zwischen benachbarten Lösungskammern (1a) angeordnet ist, vorgesehen werden.

63. Verfahren nach einem der Ansprüche 57 bis 62,

dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschicht (4) bei deren Musterungsprozeß mittels einer Ätzlösung naßgeätzt wird.

64. Verfahren nach einem der Ansprüche 57 bis 62, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschicht bei deren Musterungsschritt mittels eines Plasmaphasen-Ätzgases trocken geätzt wird.

65. Verfahren zum Herstellen eines Mikroaktors, der für einen Tintenstrahlkopf verwendbar ist, umfassend die folgenden Schritte:

Sequenzielles Laminieren einer unteren Elektrode und einer Oxid-Piezoschicht (4) über einer Schwingplatte (2), die integral mit einer Kammerplatte (1) ausgebildet ist, die keine Lösungskammer (1a) hat,

Beschichten eines ersten Fotoresistfilmes (6) über einer oberen Oberfläche der Oxid-Piezoschicht (4) und Entfernen von nicht benötigten Teilen des ersten Fotoresistfilmes (6),

Mustern der Oxid-Piezoschicht (6) mittels eines Ätzmittels, während der erste Fotoresistfilm (6), der auf der Oxid-Piezoschicht (4) zurückbleibt, als eine Maske verwendet wird, um dadurch Oxid-Piezoelemente eines gewünschten Musters zu erzeugen, Entfernen des verbleibenden ersten Fotoresistfilmes (6),

Beschichten eines zweiten Fotoresistfilmes (6) über der gesamten frei liegenden oberen Oberfläche der sich ergebenden Struktur, die nach der Bildung der Oxid-Piezoelemente erhalten ist, einschließlich oberen Oberflächen der Oxid-Piezoelemente und frei liegenden oberen Oberflächenteilen der unteren Elektrode, und Entfernen von nicht benötigten Teilen des zweiten Fotoresistfilmes (6), die nicht die Oxid-Piezoelemente bedecken,

Auftragen einer Elektrodenschicht (5) bis zu einer gewünschten Dicke über der gesamten freiliegenden oberen Oberfläche der sich ergebenden Struktur, die nach dem teilweisen Entfernen des zweiten Fotoresistfilmes (6) erhalten ist,

Entfernen des zweiten Fotoresistfilmes (6), der auf den Oxid-Piezoelementen zurückbleibt, durch Verwendung einer Spüllösung, während gleichzeitig Teile der Elektrodenschicht (5), die über dem verbleibenden zweiten Fotoresistfilm (6) angeordnet sind, entfernt werden, um dadurch obere Elektroden zu erzeugen,

Beschichten eines dritten Fotoresistfilmes über einer unteren Oberfläche der Kammerplatte (1) und Entfernen von nicht benötigten Teilen des dritten Fotoresistfilmes, und

Mustern der Kammerplatte (1) mittels eines Ätzmittels, um dadurch eine Vielzahl von gleichmäßig beabstandeten Lösungskammern (1a) zu bilden.

66. Verfahren nach Anspruch 65, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingplatte (2) aus einer Metall-Dünnpalte mit einer Dicke von 3 bis 200 µm gebildet wird.

67. Verfahren nach Anspruch 65, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingplatte (2) aus einer Keramik-Dünnpalte mit einer Dicke von 5 bis 300 µm gebildet wird.

68. Verfahren nach Anspruch 67, dadurch gekennzeichnet, daß die Keramik-Dünnpalte durch Bilden eines ein Oxid-Pulver enthaltenden Schlammes in eine Grünschlicht und anschließendes Sintern der Grünschlicht gebildet wird.

69. Verfahren nach einem der Ansprüche 65 bis 68, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschicht (4) durch Bilden von Oxid-Piezomaterial in eine Dünnpalte mit einer Dicke von 10 bis 300 µm und anschließendes Sintern dieser Dünnpalte gebildet wird.

platte mit einer Dicke von 10 bis 300 µm und anschließendes Sintern dieser Dünnpalte gebildet wird.

70. Verfahren nach einem der Ansprüche 65 bis 69, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschicht (4) bei deren Musterungsschritt mit einer schmalen Ätzbreite in einer solchen Weise geätzt wird, daß die Oxid-Piezoelemente auf Teilen der Schwingplatte (2) um vertikal und zentral mit den Lösungskammern (1a) ausgerichtet zu sein, und Teilen der Schwingplatte (2), um vertikal und zentral mit Teilen der Kammerplatte (1) ausgerichtet zu sein, deren jeder einem Bereich entspricht, der zwischen benachbarten Lösungskammern (1a) angeordnet ist, vorgesehen werden.

71. Verfahren nach einem der Ansprüche 65 bis 70, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschicht (4) bei deren Musterungsschritt mittels einer Ätzlösung naßgeätzt wird.

72. Verfahren nach einem der Ansprüche 65 bis 70, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschicht (4) bei deren Musterungsschritt mittels eines Plasmaphasen-Ätzgases trocken geätzt wird.

73. Verfahren zum Herstellen eines Mikroaktors, der für einen Tintenstrahlkopf verwendbar ist, umfassend die folgenden Schritte:

Sequenzielles Laminieren einer unteren Elektrode und einer Oxid-Piezoschicht (4) über einer Schwingplatte (2), die integral mit einer Kammerplatte (1) ausgebildet ist, die eine Vielzahl von gleichförmig beabstandeten Lösungskammern (1a) hat,

Beschichten eines ersten Fotoresistfilmes (6) über einer oberen Oberfläche der Oxid-Piezoschicht (4) und Entfernen von nicht benötigten Teilen des ersten Fotoresistfilmes (6),

Mustern der Oxid-Piezoschicht (4) durch Verwendung eines Ätzmittels, während der auf der Oxid-Piezoschicht (4) zurückbleibende erste Fotoresistfilm (6) als eine Maske verwendet wird, um dadurch Oxid-Piezoelemente eines gewünschten Musters zu bilden,

Entfernen des verbleibenden ersten Fotoresistfilmes (6),

Auftragen einer Elektrodenschicht (5) bis zu einer gewünschten Dicke über der gesamten freiliegenden oberen Oberfläche der sich ergebenden Struktur, die nach der Bildung der Oxid-Piezoelemente erhalten ist, einschließlich oberen Oberflächen der Oxid-Piezoelemente und freiliegenden oberen Oberflächenteilen der unteren Elektrode,

Beschichten eines zweiten Fotoresistfilmes über einer oberen Oberfläche der Elektrodenschicht und Entfernen von nicht benötigten Teilen des zweiten Fotoresistfilmes (6), die nicht die Oxid-Piezoelemente bedecken, Entfernen von nicht benötigten Teilen der Elektrodenschicht (5) durch Verwendung eines Ätzmittels, während der zweite Fotoresistfilm (6), der auf der Elektrodenschicht (5) zurückbleibt, als eine Maske verwendet wird, um dadurch obere Elektroden zu bilden, und Entfernen des verbleibenden zweiten Fotoresistfilmes (6).

74. Verfahren nach Anspruch 73, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingplatte (2) aus einer Metall-Dünnpalte mit einer Dicke von 3 bis 200 µm gebildet wird.

75. Verfahren nach Anspruch 73, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingplatte (2) aus einer Keramik-Dünnpalte mit einer Dicke von 5 bis 300 µm gebildet wird.

76. Verfahren nach Anspruch 75, dadurch gekennzeichnet, daß die Keramik-Dünnpalte durch Bilden ei-

nes ein Oxid-Pulvers enthaltenden Schlammes in eine Grünschlicht und anschließendes Sintern der Grünschlicht gebildet wird.

77. Verfahren nach einem der Ansprüche 73 bis 76, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschlicht (4) durch Bilden eines Oxid-Piezomaterials in eine Dünnpalte mit einer Dicke von 10 bis 300 µm und anschließendes Sintern dieser Dünnpalte gebildet wird.

78. Verfahren nach einem der Ansprüche 73 bis 77, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschlicht (4) bei deren Musterungsschlritt mit einer schmalen Ätzbreite in einer solchen Weise geätzt wird, daß die Oxid-Piezoelemente auf Teilen der Schwingplatte (2), die vertikal und zentral mit den Lösungskammern (1a) ausgerichtet sind, und Teilen der Schwingplatte (2), die vertikal und zentral mit Teilen der Kammerplatte (1) ausgerichtet sind, deren jeder einem Bereich entspricht, der jeweils zwischen benachbarten Lösungskammern (1a) festgelegt ist, vorgesehen werden.

79. Verfahren nach einem der Ansprüche 73 bis 78, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschlicht (4) bei deren Musterungsschlritt mittels einer Ätzlösung naßgeätzt wird.

80. Verfahren nach einem der Ansprüche 73 bis 78, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschlicht (4) bei deren Musterungsschlritt mittels eines Plasmaphasen-Ätzgases trockengeätzt wird.

81. Verfahren zum Herstellen eines Mikroaktuators, der für einen Tintenstrahlkopf verwendbar ist, umfassend die folgenden Schritte:

Sequenzielles Laminieren einer unteren Elektrode und einer Oxid-Piezoschlicht (4) über einer flachen Schwingplatte (2),

Beschichten eines ersten Fotoresistfilms (6) über einer oberen Oberfläche der Oxid-Piezoschlicht (4) und Entfernen von nicht benötigten Teilen des ersten Fotoresistfilms (6),

Mustern der Oxid-Piezoschlicht (4) durch Verwendung eines Ätzmittels, während der erste Fotoresistfilm (6), der auf der Oxid-Piezoschlicht (4) zurückbleibt, als eine Maske verwendet wird, um dadurch Oxid-Piezoelemente eines gewünschten Musters zu bilden,

Entfernen des verbleibenden ersten Fotoresistfilms (6),

Auftragen einer Elektrodenschicht (5) bis zu einer gewünschten Dicke über der gesamten freiliegenden oberen Oberfläche der sich ergebenden Struktur, die nach der Bildung der Oxid-Piezoelemente erhalten ist, einschließlich oberen Oberflächen der Oxid-Piezoelemente und der frei liegenden oberen Oberflächenteile der unteren Elektrode,

Beschichten eines zweiten Fotoresistfilms über einer oberen Oberfläche der Elektrodenschicht (5) und Entfernen von nicht benötigten Teilen des zweiten Fotoresistfilms (6), die nicht die Oxid-Piezoelemente bedecken,

Entfernen von nicht benötigten Teilen der Elektrodenschicht (5) durch Verwendung eines Ätzmittels, während der zweite Fotoresistfilm (6), der auf der Elektrodenschicht (5) zurückbleibt, als eine Maske verwendet wird, um dadurch obere Elektroden zu bilden,

Entfernen des verbleibenden zweiten Fotoresistfilms (6), und Laminieren einer Kammerplatte (1) mit einer Vielzahl von gleichförmig beabstandeten Lösungskammern (1a) über einer unteren Oberfläche der Schwingplatte (2).

82. Verfahren nach Anspruch 81, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingplatte (2) aus einer Metall-

Dünnpalte mit einer Dicke von 3 bis 200 µm gebildet wird.

83. Verfahren nach Anspruch 81, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingplatte (2) aus einer Keramik-Dünnpalte mit einer Dicke von 5 bis 300 µm gebildet wird.

84. Verfahren nach Anspruch 83, dadurch gekennzeichnet, daß die Keramik-Dünnpalte durch Formen eines ein Oxid-Pulver enthaltenden Schlammes in eine Grünschlicht und anschließendes Sintern dieser Grünschlicht gebildet wird.

85. Verfahren nach einem der Ansprüche 81 bis 84, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschlicht (4) durch Formen eines Oxid-Piezomaterials in eine Dünnpalte mit einer Dicke von 10 bis 300 µm und anschließendes Sintern dieser Dünnpalte gebildet wird.

86. Verfahren nach einem der Ansprüche 81 bis 85, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschlicht (4) bei deren Musterungsschlritt mit einer schmalen Ätzbreite in einer solchen Weise geätzt wird, daß die Oxid-Piezoelemente auf Teilen der Schwingplatte (2), um vertikal und zentral mit den Lösungskammern (1a) ausgerichtet zu sein, und Teilen der Schwingplatte (2), um vertikal und zentral mit Teilen der Kammerplatte (1) ausgerichtet zu sein, deren jeder einem Bereich entspricht, der zwischen jeweils benachbarten Lösungskammern (1a) angeordnet ist, vorgesehen werden.

87. Verfahren nach einem der Ansprüche 81 bis 86, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschlicht (4) bei deren Musterungsschlritt mittels einer Ätzlösung naßgeätzt wird.

88. Verfahren nach einem der Ansprüche 81 bis 86, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschlicht bei deren Musterungsschlritt mittels eines Plasmaphasen-Ätzgases trockengeätzt wird.

89. Verfahren zum Herstellen eines Mikroaktuators, der für einen Tintenstrahlkopf verwendbar ist, umfassend die folgenden Schritte:

Sequenzielles Laminieren einer unteren Elektrode und einer Oxid-Piezoschlicht (4) über einer Schwingplatte (2), die integral mit einer Kammerplatte (1) ausgebildet ist, die keine Lösungskammer (1a) hat,

Beschichten eines ersten Fotoresistfilms (6) über einer oberen Oberfläche der Oxid-Piezoschlicht (4) und Entfernen von nicht benötigten Teilen des ersten Fotoresistfilms (6),

Mustern der Oxid-Piezoschlicht (4) durch Verwendung eines Ätzmittels, während der auf der Oxid-Piezoschlicht (4) zurückbleibende erste Fotoresistfilm (6) als eine Maske verwendet wird, um dadurch Oxid-Piezoelemente eines gewünschten Musters zu bilden,

Entfernen des verbleibenden ersten Fotoresistfilms (6),

Auftragen einer Elektrodenschicht (5) bis zu einer gewünschten Dicke über der gesamten freiliegenden oberen Oberfläche der sich ergebenden Struktur, die nach der Bildung der Oxid-Piezoelemente erhalten ist, einschließlich oberen Oberflächen der Oxid-Piezoelemente und frei liegenden oberen Oberflächenteilen der unteren Elektrode,

Beschichten eines zweiten Fotoresistfilms über einer oberen Oberfläche der Elektrodenschicht (5) und Entfernen von nicht benötigten Teilen des zweiten Fotoresistfilms (6), die nicht die Oxid-Piezoelemente bedecken,

Entfernen von nicht benötigten Teilen der Elektrodenschicht (5) durch Verwendung eines Ätzmittels, während der auf der Elektrodenschicht (5) zurückbleibende

zweite Fotoresistfilm (6) als eine Maske verwendet wird, um dadurch obere Elektroden zu bilden,

Entfernen des verbleibenden zweiten Fotoresistfilmes (6),

Beschichten des dritten Fotoresistfilmes über einer unteren Oberfläche der Kammerplatte (1) und Entfernen von nicht benötigten Teilen des dritten Fotoresistfilmes, und

Mustern der Kammerplatte (1) durch Verwendung eines Ätzmittels, um dadurch eine Vielzahl von gleichförmig beabstandeten Lösungskammern zu bilden.

90. Verfahren nach Anspruch 89, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingplatte (2) aus einer Metall-Dünnpalte mit einer Dicke von 3 bis 200 µm gebildet wird.

91. Verfahren nach Anspruch 89, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingplatte (2) aus einer Keramik-Dünnpalte mit einer Dicke von 5 bis 300 µm gebildet wird.

92. Verfahren nach Anspruch 89, dadurch gekennzeichnet, daß die Keramik-Dünnpalte durch Bilden eines ein Oxid-Pulver enthaltenden Schlammes in eine Grünschlicht und anschließendes Sintern dieser Grünschlicht gebildet wird.

93. Verfahren nach einem der Ansprüche 89 bis 92, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschlicht (4) durch Bilden eines Oxid-Piezomaterials in eine Dünnpalte mit einer Dicke von 10 bis 300 µm und anschließendes Sintern dieser Dünnpalte gebildet wird.

94. Verfahren nach einem der Ansprüche 89 bis 93, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschlicht (4) bei deren Musterungsschlritt mit einer schmalen Ätzbreite in einer solchen Weise gebildet wird, daß die Oxid-Piezoelemente auf Teilen der Schwingplatte (2), um vertikal und zentral mit den Lösungskammern (1a) ausgerichtet zu sein, und Teilen der Schwingplatte (2), um vertikal und zentral mit Teilen der Kammerplatte (1) ausgerichtet zu sein, deren jeder einem Bereich entspricht, der jeweils zwischen benachbarten Lösungskammern (1a) angeordnet ist, vorgesehen werden.

95. Verfahren nach einem der Ansprüche 89 bis 94, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschlicht (4) bei deren Musterungsschlritt mittels einer Ätzlösung naßgeätzt wird.

96. Verfahren nach einem der Ansprüche 89 bis 94, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxid-Piezoschlicht (4) bei deren Musterungsschlritt mittels eines Plasmaphasen-Ätzgases trockengeätzt wird.

Hierzu 24 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

65

FIG.1A

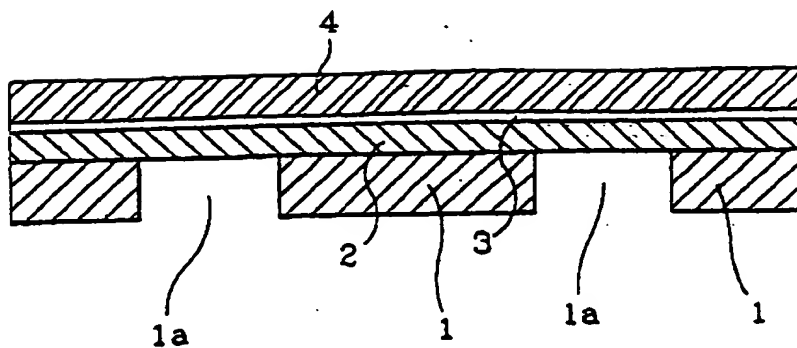


FIG.1B

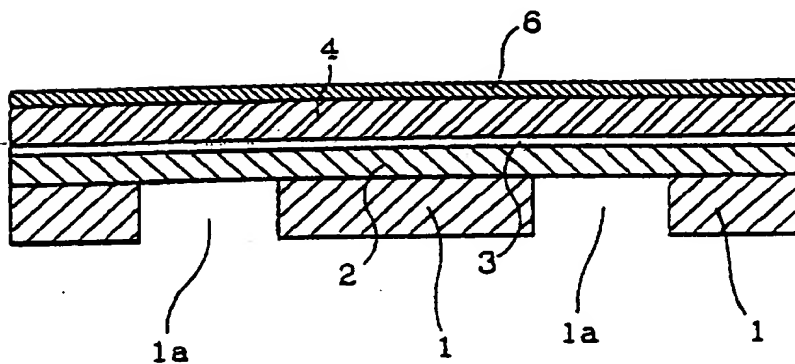


FIG.1C

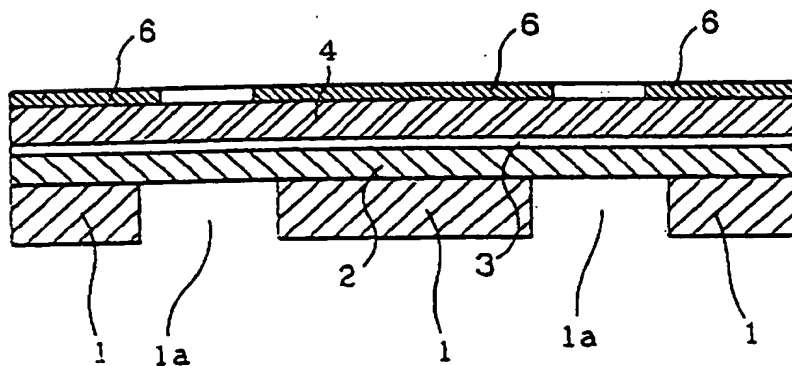


FIG.1D

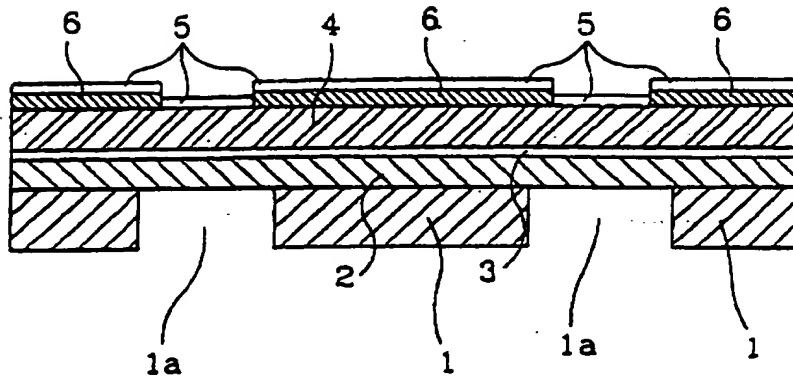


FIG.1E

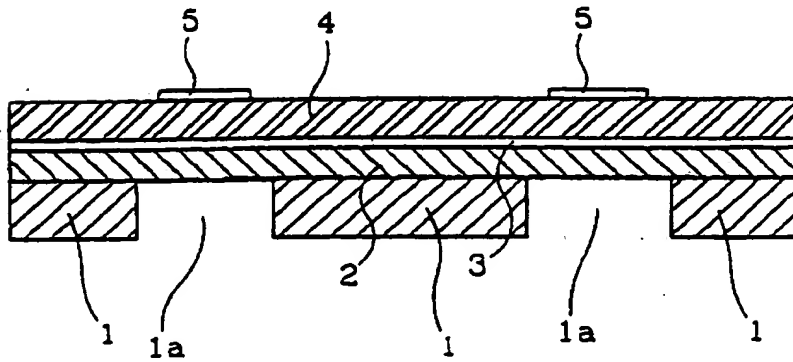


FIG.1F

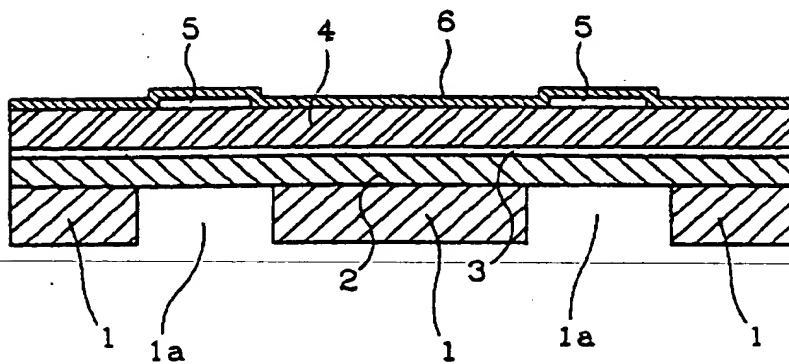


FIG.1G

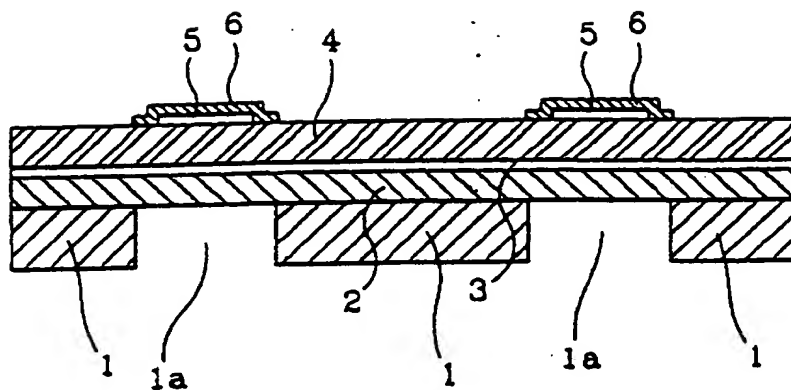


FIG.1H

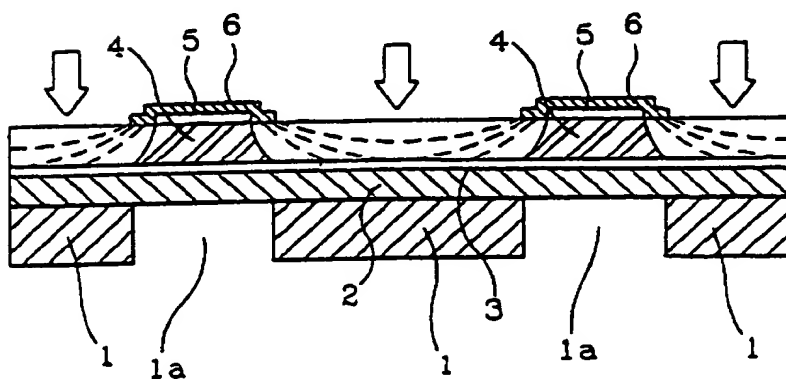


FIG.1I

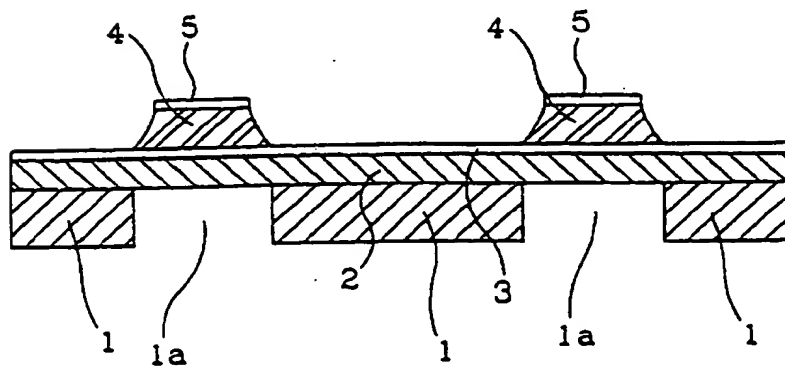


FIG.2A

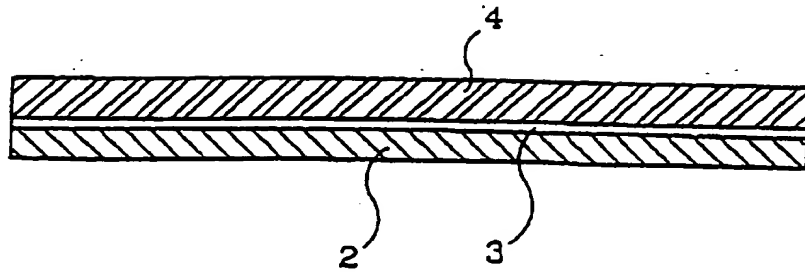


FIG.2B

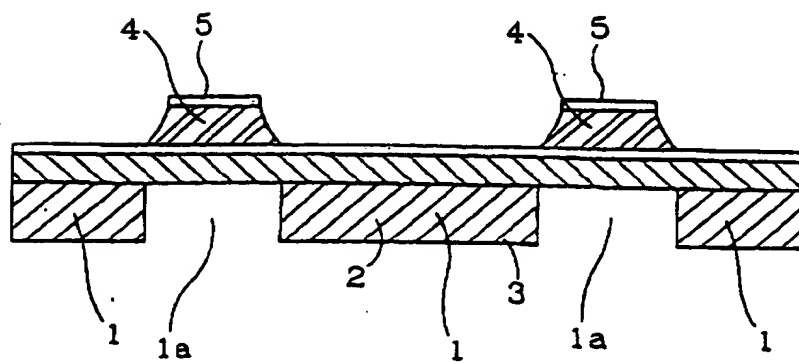


FIG.3A

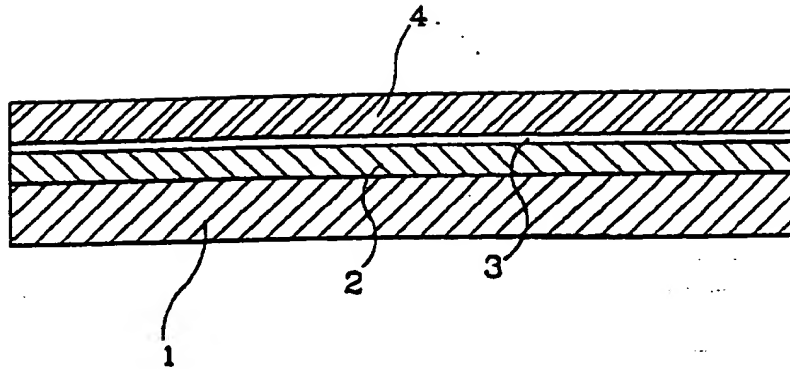


FIG.3B

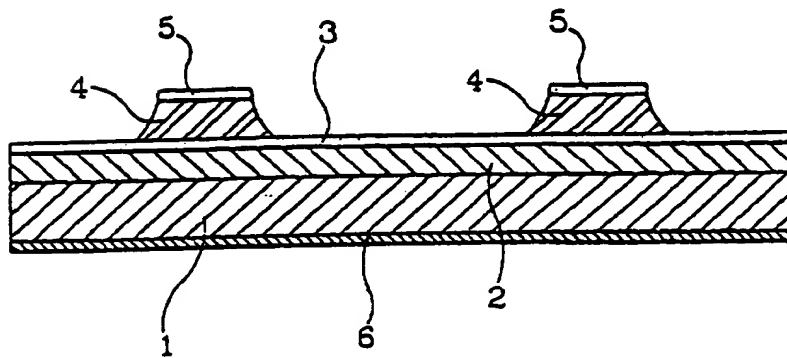


FIG.3C

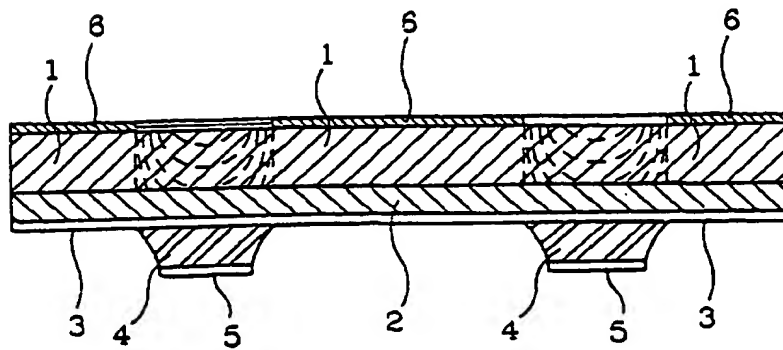


FIG.3D

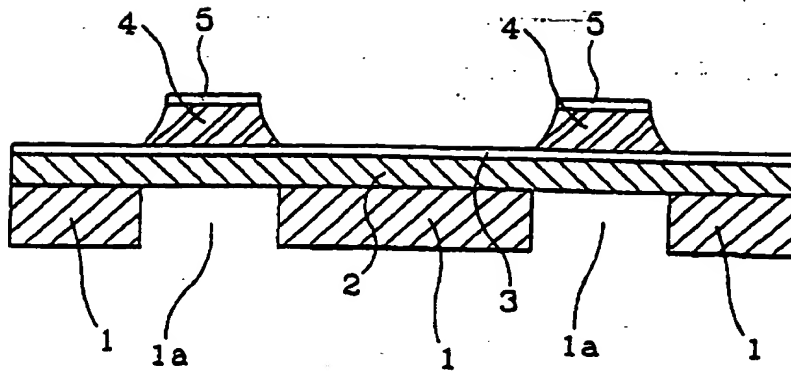


FIG. 4A

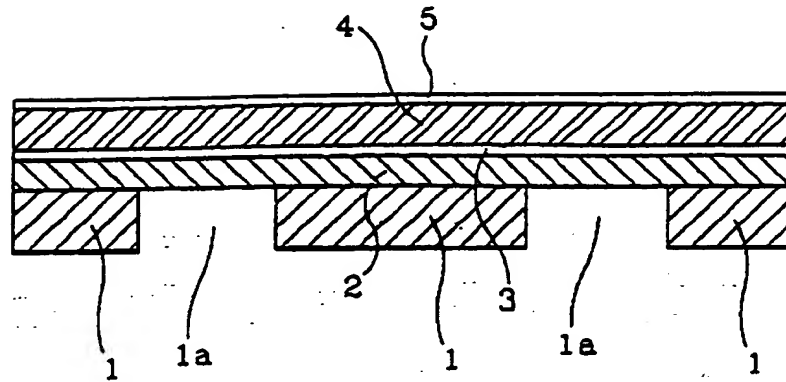


FIG. 4B

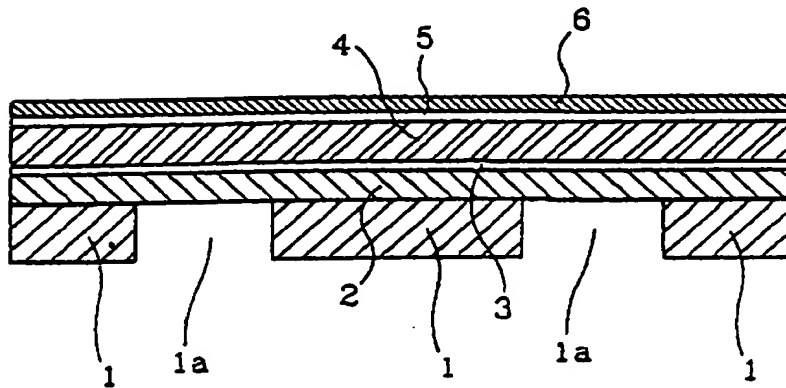


FIG. 4C

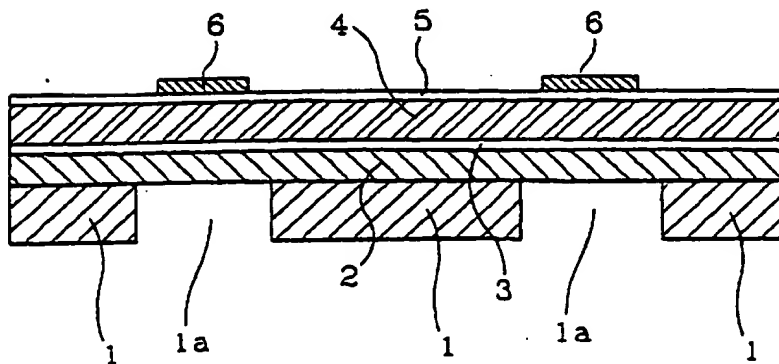


FIG.4D

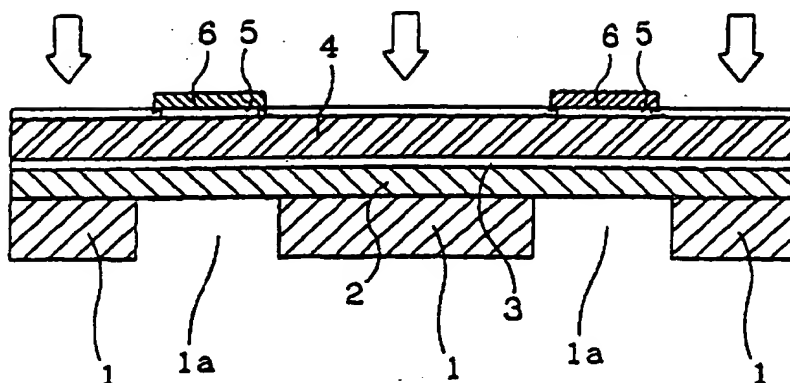


FIG.4E

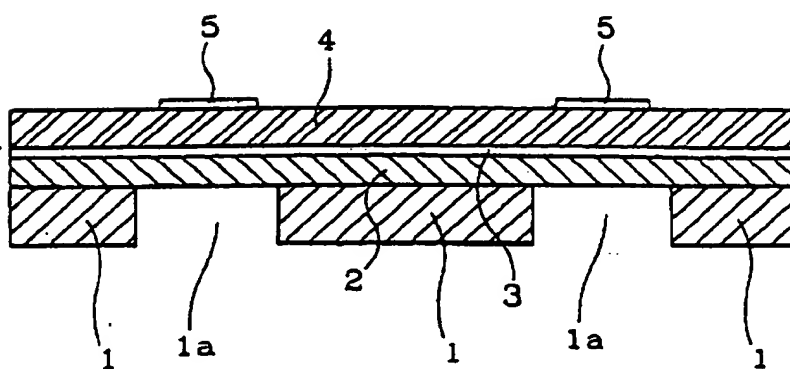


FIG.5A

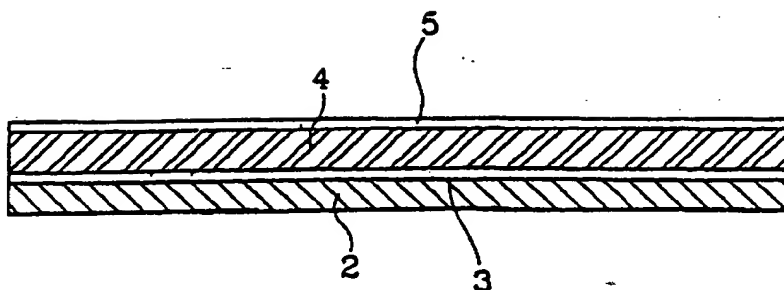


FIG.5B

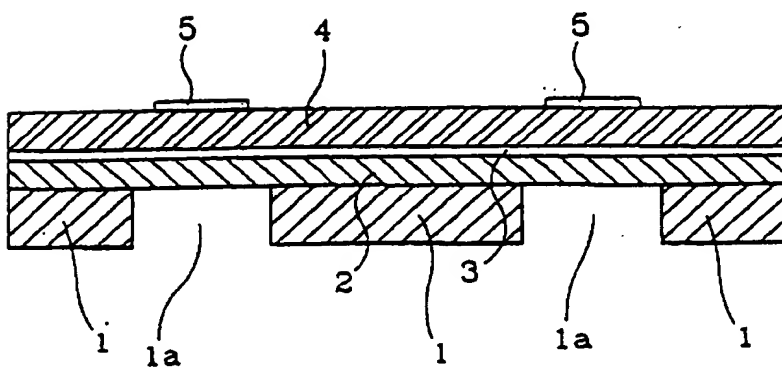


FIG. 6A

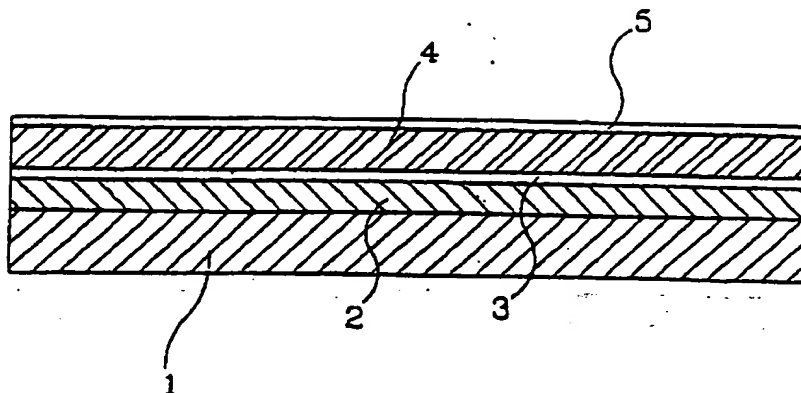


FIG. 6B

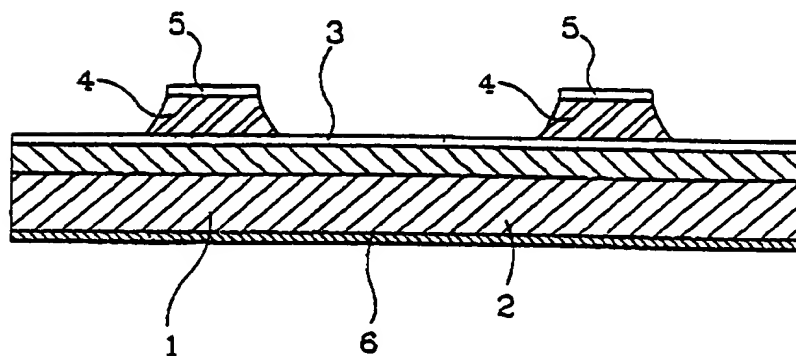


FIG. 6C

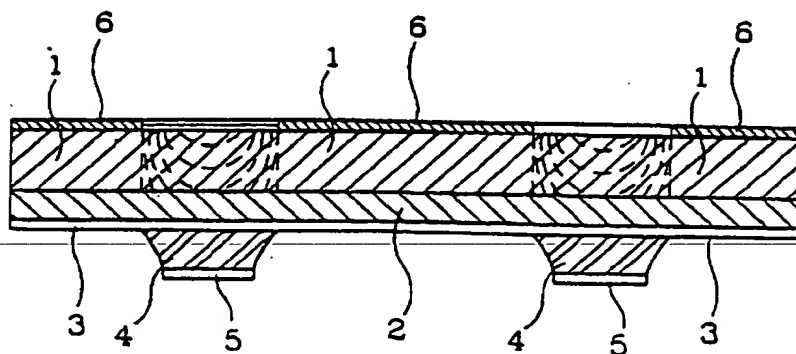


FIG. 6D

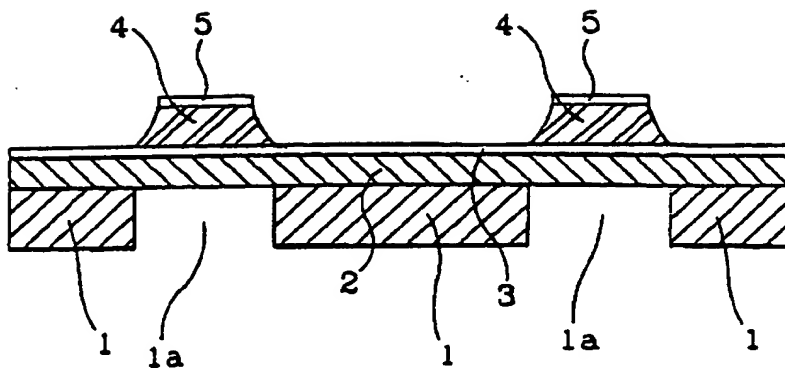


FIG. 7A

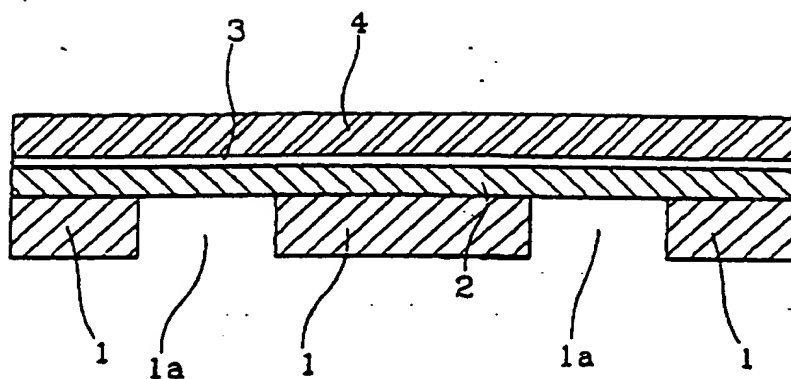


FIG. 7B

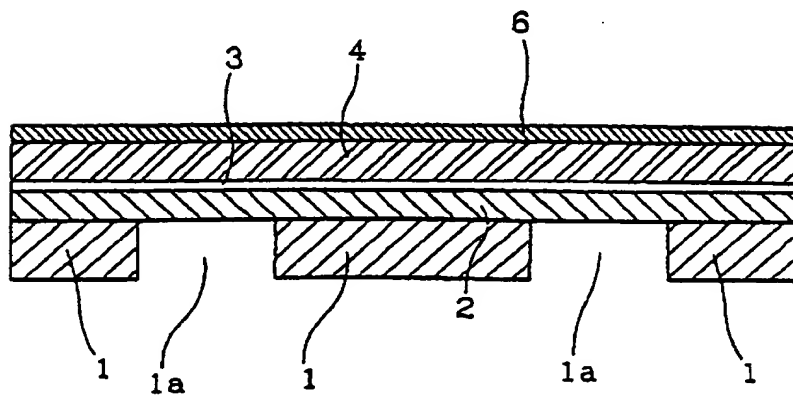


FIG. 7C

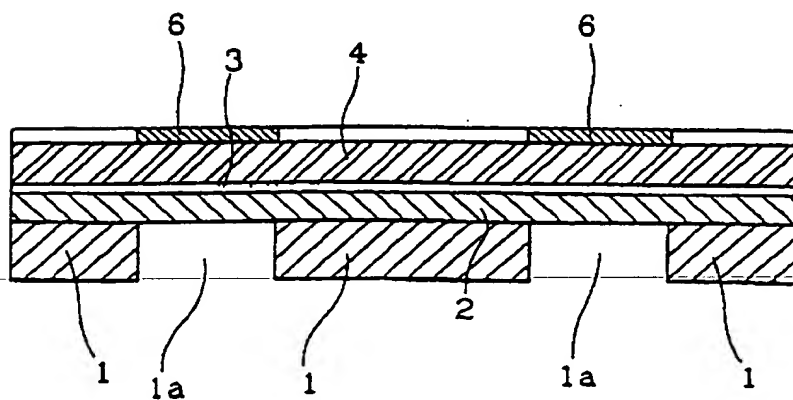


FIG. 7D

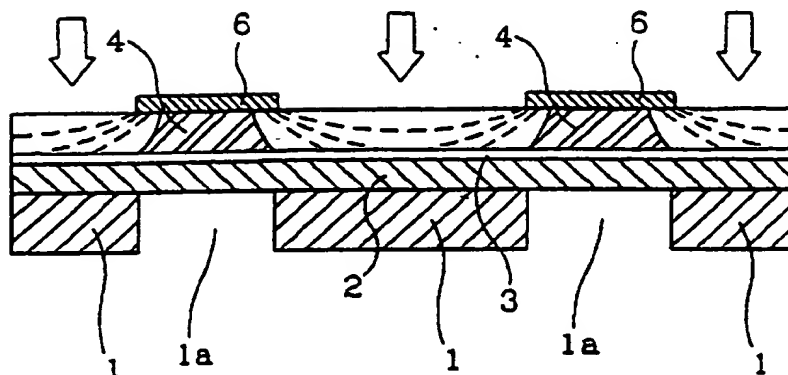


FIG. 7E

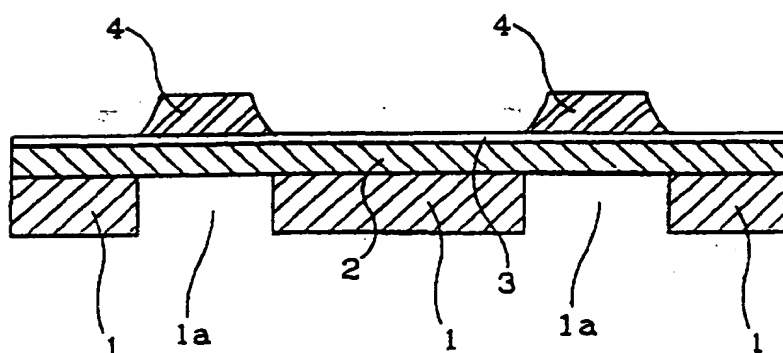


FIG. 7F

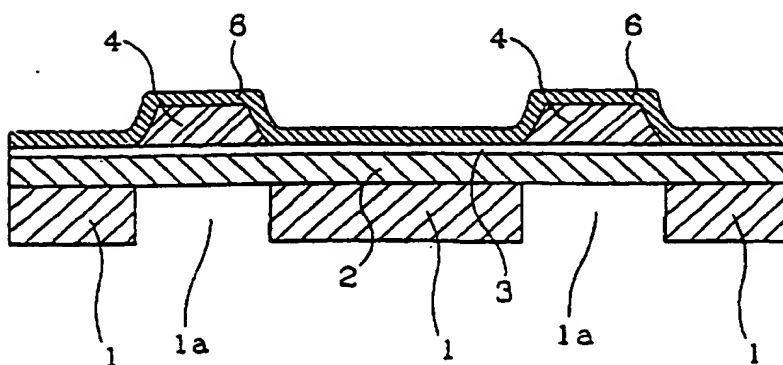


FIG. 7G

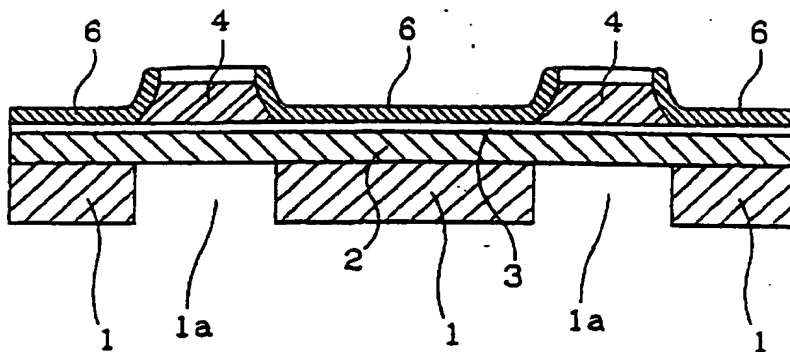


FIG. 7H

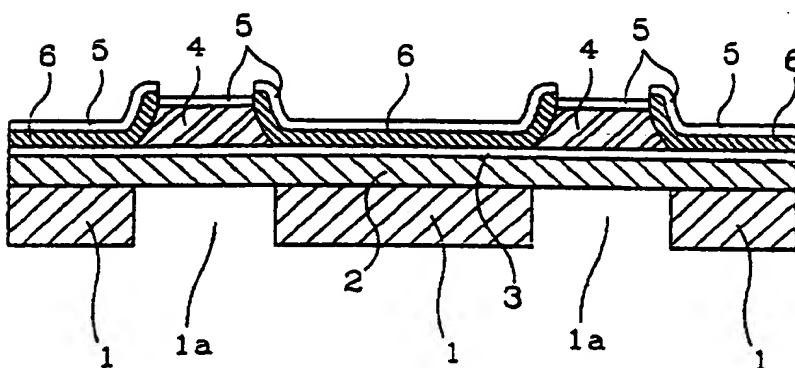


FIG. 7I

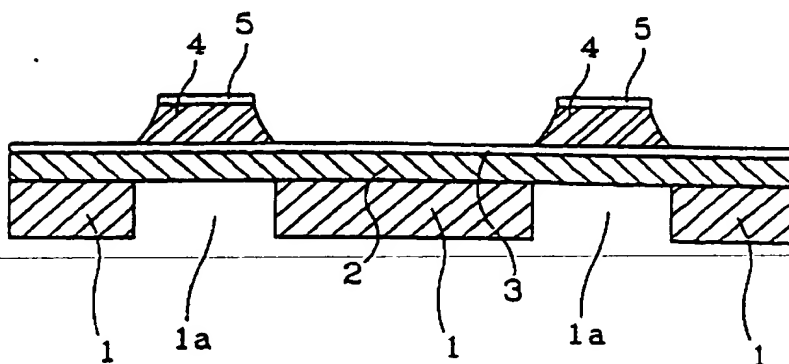


FIG. 8A

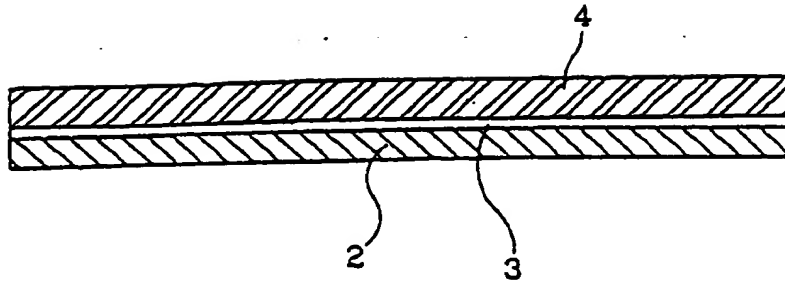


FIG. 8B

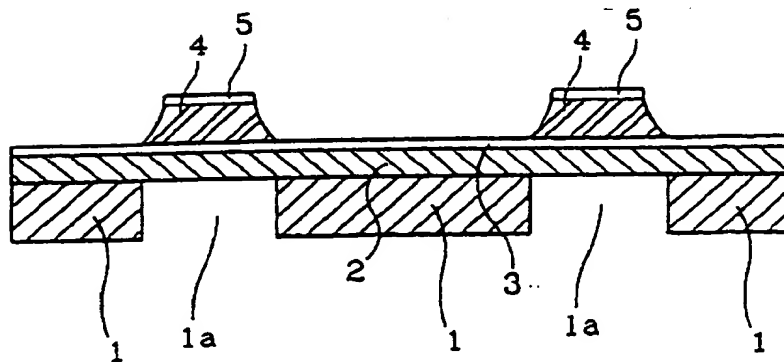


FIG. 9A

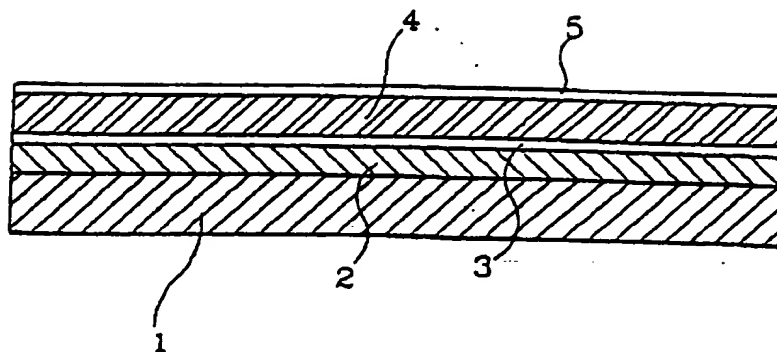


FIG. 9B

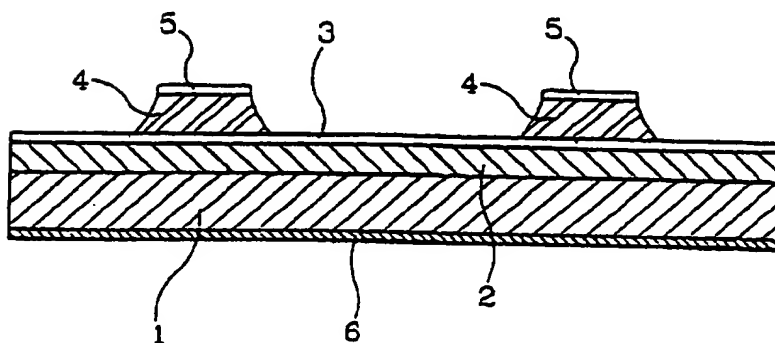


FIG. 9C

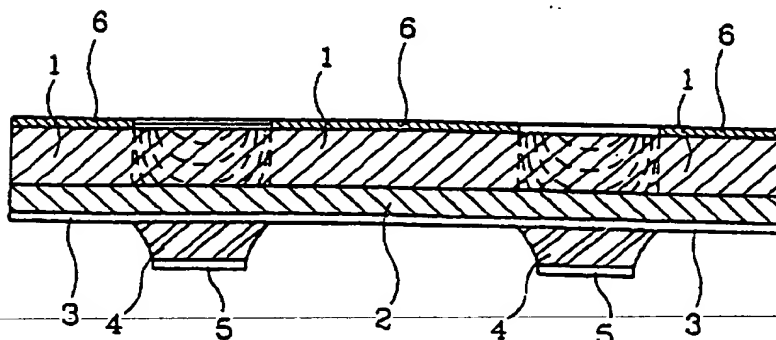


FIG. 9D

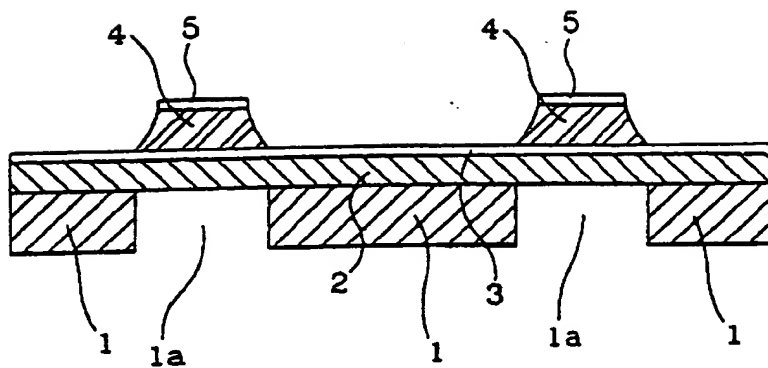


FIG.10A

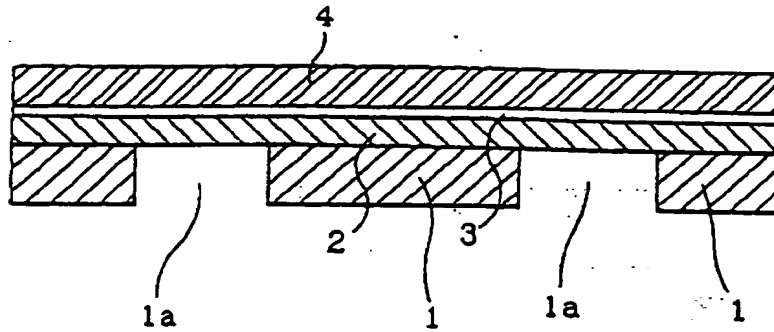


FIG.10B

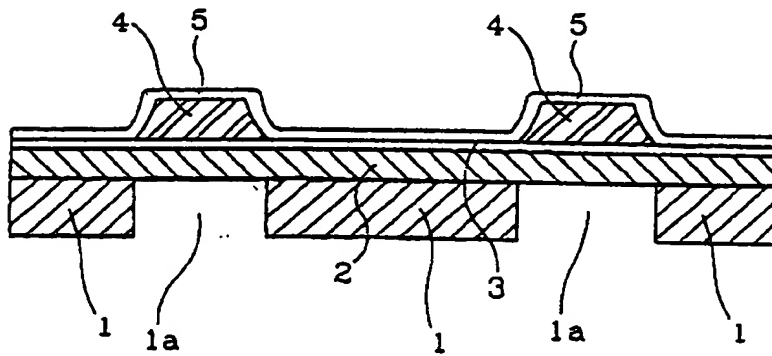


FIG.10C

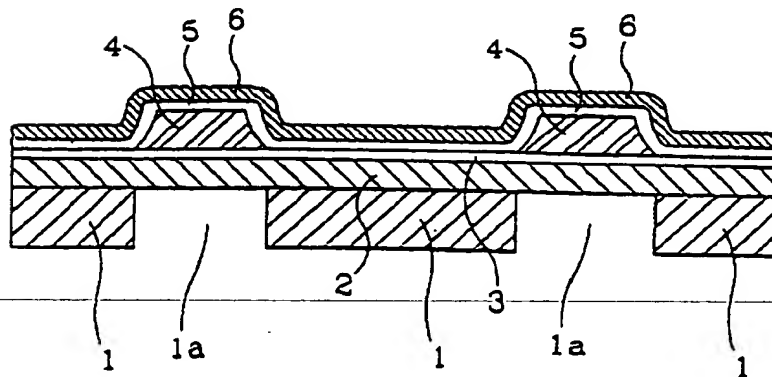


FIG.10D

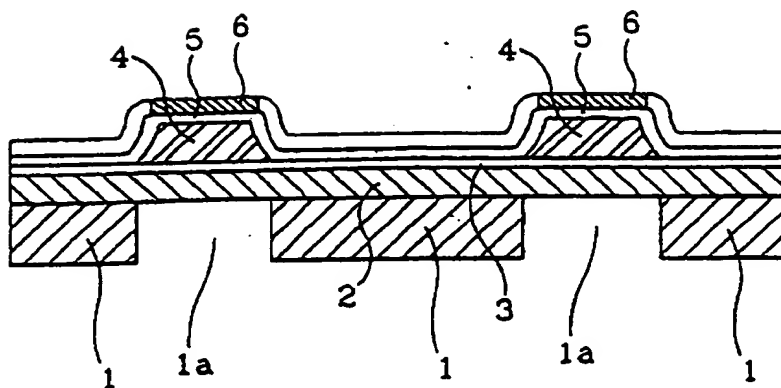


FIG.10E

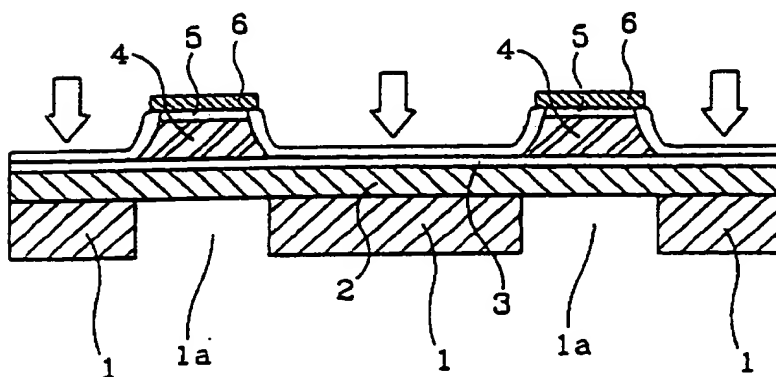


FIG.10F

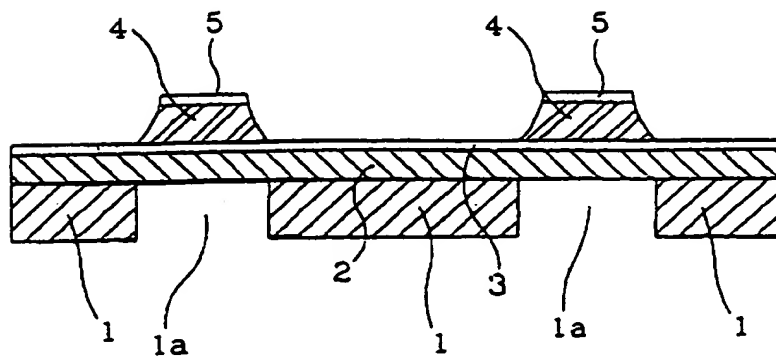


FIG. 11A

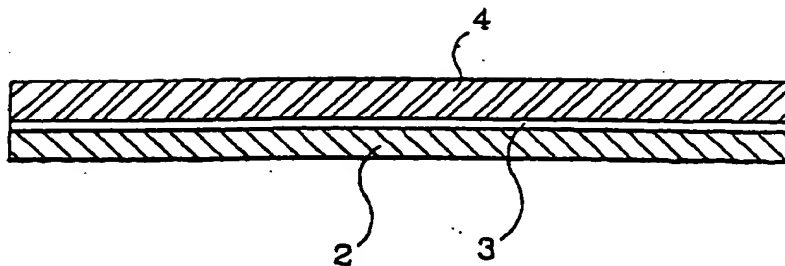


FIG. 11B

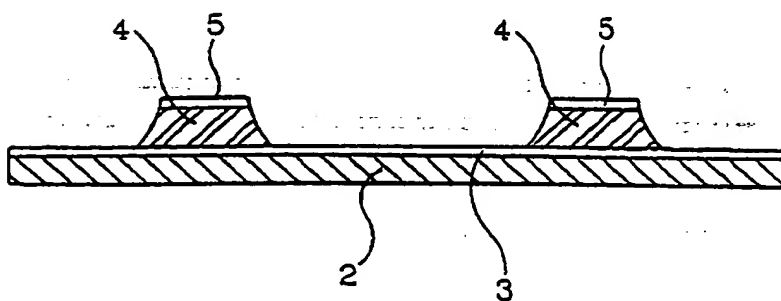


FIG. 11C

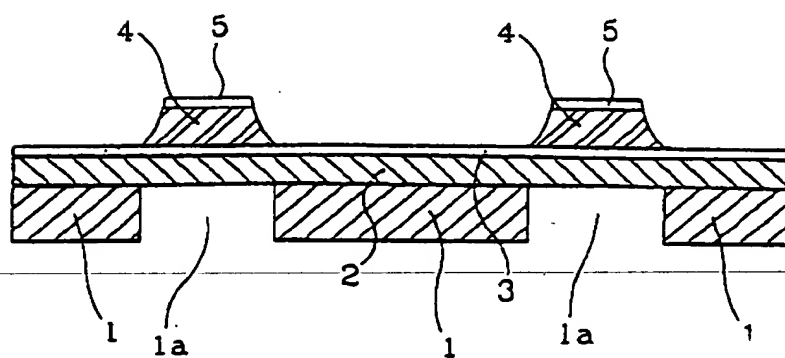


FIG.12A

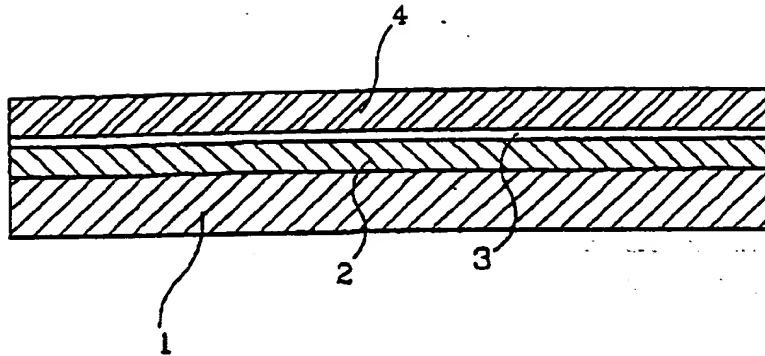


FIG.12B

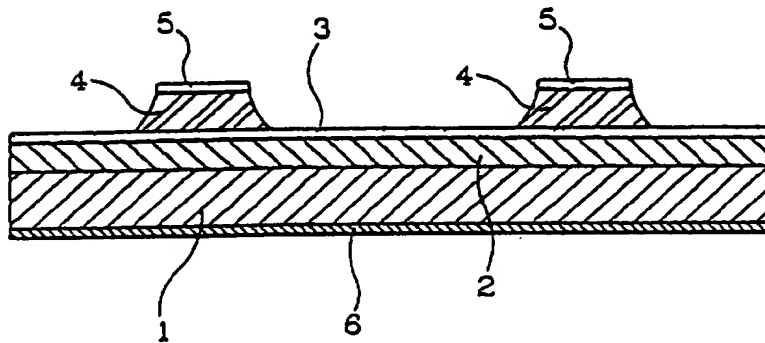


FIG.12C

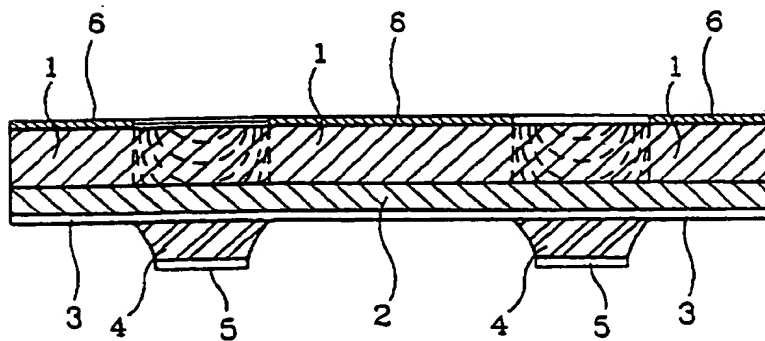


FIG. 12D

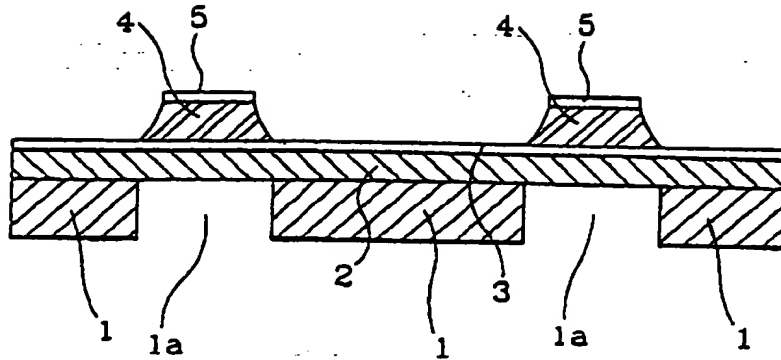


FIG.13

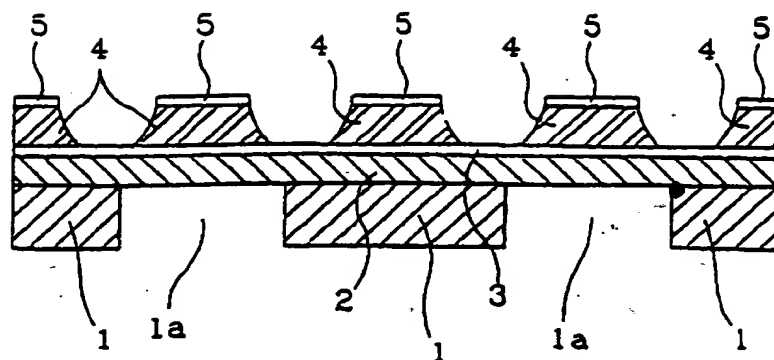


FIG.14

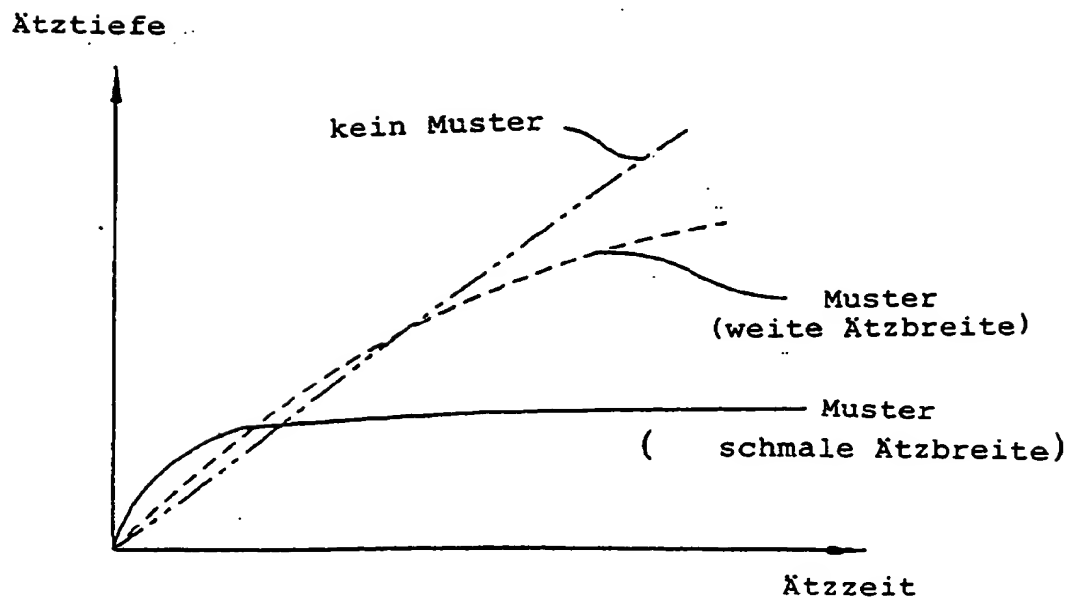


FIG.15

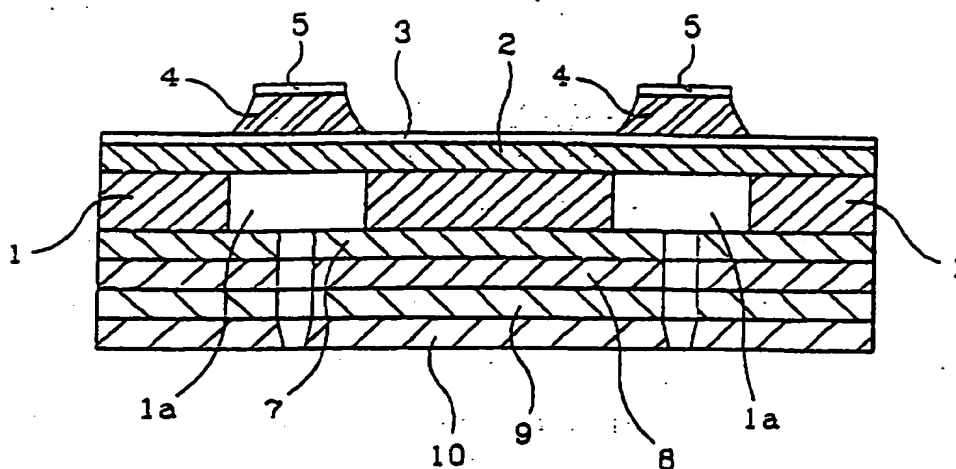


FIG.16

(Stand der Technik)

